# विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी

*कक्षा IX के लिए पाठ्यपुस्तक*


लेखक

| | |
|---|---|
| अनुपम दीक्षित | ब्रह्म प्रकाश |
| बी. के. शर्मा | बी. के. त्रिपाठी |
| गजेन्द्र गिरि | एच. बी. सिंह |
| आई. सी. मित्तल | कृष्ण भगवान गुप्त |
| कृष्ण लाल | एन. जैमिनी |
| आर. डी. शुक्ल | आर. जोशी |
| वी. बी. भाटिया | वी. एस. भसीन |

संपादक

| | |
|---|---|
| भारती सरकार | ब्रह्म प्रकाश |
| कृष्ण भगवान गुप्त | कृष्ण लाल |
| संजीव कुमार | वी. एस. भसीन |


राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

ISBN 81-7450-041.

प्रथम संस्करण

जुलाई 2002

आषाढ़ 1924

प्रथम पुनर्मुद्रण

फरवरी 2003

माघ 1924

PD 130T MB



**एन.सी.ई.आर.टी. के प्रकाशन विभाग के कार्यालय**

| | | | |
|---|---|---|---|
| एन.सी.ई.आर.टी. कैम्पस | 108, 100 फीट रोड, होस्डेकेरे | नवजीवन ट्रस्ट भवन | सी.डब्लू.सी. कैम्पस |
| श्री अरविंद मार्ग | हेली एक्सटेंशन बनाशंकरी III इस्टेज | डाकघर नवजीवन | 32, बी.टी. रोड, सुखचर |
| **नई दिल्ली 110 016** | **बैंगलूर 560 085** | **अहमदाबाद 380 014** | **24 परगना 743 179** |

## प्रकाशन सहयोग

*संपादन* : नरेश यादव

*उत्पादन* : अरुण चितकारा
सुनील कुमार

*सज्जा* : अमित श्रीवास्तव

*आवरण* : ऋषि सहाय

**रु. 80.00**

एन.सी.ई.आर.टी. वाटर मार्क 80 जी.एस.एम.पेपर पर मुद्रित

प्रकाशन विभाग में सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविन्द मार्ग, नई दिल्ली 110016 द्वारा प्रकाशित तथा ट्री सिस्टम, 15-सी, जिया सराय, नई दिल्ली 110016 द्वारा लैजर टाइपसैट होकर सैम इंडस्ट्रियल एंटरप्राइजेज लि०, ऐ-17/1 सैक्टर-60, नौएडा द्वारा मुद्रित।

# प्रस्तावना

विगत दस-पंद्रह वर्षों में, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अत्यधिक प्रगति हुई है। इसने मानव जीवन की गुणवत्ता को बहुत अधिक प्रभावित किया है। देश के भावी नागरिक विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के विभिन्न पक्षों से परिचित होकर ही इस प्रगति से लाभान्वित हो सकेंगे। राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् ने वर्ष 2000 में *विद्यालयी शिक्षा के लिए राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा* प्रकाशित की। इसमें विद्यालयी शिक्षा के उच्चतर प्राथमिक और माध्यमिक स्तरों पर 'विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी' को एक विषय के रूप में पढ़ाने की सिफारिश की गई है। यह पाठ्यचर्या राष्ट्रीय शिक्षा नीति-1986 तथा संशोधित 1992 के अनुरूप है। यह बच्चों को आवश्यक वैज्ञानिक तथा प्रौद्योगिकीय साक्षरता प्रदान करेगी और उन्हें अपने दैनिक जीवन में निर्णय लेने और समस्याओं को सुलझाने में समर्थ बनाएगी।

माध्यमिक स्तर के लिए विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी की इस पुस्तक का विकास एन.सी.ई.आर.टी. के विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग ने एक लेखक मंडल की सहायता से किया है। इस लेखक मंडल के सदस्य विभिन्न विश्वविद्यालयों तथा अनुसंधान संस्थानों के विशेषज्ञ एवं एन.सी.ई.आर.टी. के संकाय से हैं। इस पाठ्यपुस्तक के विकास में विद्यालय में विषयों को पढ़ाने वाले अध्यापकों का भी सहयोग लिया गया है। लेखक मंडल ने पांडुलिपि का प्रारूप तैयार किया और अध्यापकों, शिक्षक-प्रशिक्षकों तथा विषय-विशेषज्ञों ने इसका पुनरावलोकन किया। पुनरावलोकन कार्यशाला में प्राप्त सुझावों और टिप्पणियों को ध्यान में रखते हुए पांडुलिपि के प्रारूप को संशोधित किया गया। और अंततः प्रकाशन हेतु इसका संपादन किया गया।

मैं लेखन और संपादन मंडलों के सभी सदस्यों को इस पुस्तक के विकास में उनके बहुमूल्य योगदान के लिए तथा विशेष रूप से लेखक मंडल के अध्यक्ष को, लेखकों और संपादकों को आवश्यक दिशा-निर्देश प्रदान करने के लिए धन्यवाद देता हूँ। मैं पुनरावलोकन कार्यशाला के सभी प्रतिभागियों का भी धन्यवाद करता हूँ जिन्होंने पांडुलिपि के सुधार के लिए अपनी बहुमूल्य टिप्पणियाँ और सुझाव दिए हैं।

इस पाठ्यपुस्तक में सुधार के लिए आपके सुझाव आमंत्रित हैं।

**जगमोहन सिंह राजपूत**
*निदेशक*
राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान
और प्रशिक्षण परिषद्

*नई दिल्ली*
फरवरी 2002

# आमुख

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी ने समूचे समाज को बहुत प्रभावित किया है। इनमें प्रगति की गति इतनी तीव्र है कि इस परिवर्तन का सामना करने के लिए कार्यनीति के पुनरावलोकन करने की आवश्यकता है ताकि नवीन ज्ञान के विकास और इसके अनुप्रयोग में सम्मिलित हो सकें। युवा विद्यार्थियों को सिकुड़ते हुए संसार, विकासमान प्रौद्योगिकी पर निर्भर मानव जीवन और बढ़ते हुए वैज्ञानिक ज्ञान की चुनौतियों का सामना करने के लिए तैयार करना है। बच्चों को भावी अग्रणी बनने और मौलिक योगदान प्रदान करने के लिए प्रेरित करना चाहिए। इसी भावना को अंतर्निहित कर पाठ्यचर्या की रूपरेखा तैयार की गई और इसी के अंतर्गत प्रकाशित नवीं कक्षा की विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी की यह पाठ्यपुस्तक इस दिशा में एक प्रयास है।

लेखन मंडल ने इस पुस्तक की विषयवस्तु को तैयार करते समय संपूर्ण विषय को आज के परिप्रेक्ष्य तथा शिक्षा के क्षेत्र में हो रहे व्यापक विकास को ध्यान में रखने का प्रयास किया है। पहली बार विज्ञान में प्रौद्योगिकीय घटक को सम्मिलित किया गया है। निस्सन्देह, पूर्व की पाठ्यपुस्तकों में भी प्रौद्योगिकीय घटक को एक यथोचित स्थान दिया गया था। इस पुस्तक में अद्यतन दृश्यों और भविष्य की चुनौतियों को ध्यान में रखते हुए प्रौद्योगिकी पर अधिक बल दिया गया है। इसका मुख्य उद्देश्य विद्यार्थियों में रटने की प्रवृत्ति को कम करना और उनके लिए एक कौतूहलजनक पुस्तक तैयार करना है।

माध्यमिक स्तर के इस पाठ्यक्रम में छः विषयवस्तु–पदार्थ, ऊर्जा, सजीव जगत, प्राकृतिक संसाधन, पर्यावरण और ब्रह्माण्ड हैं। कक्षा IX का पाठ्यक्रम प्रथम पाँच विषयवस्तुओं पर आधारित है और प्रत्येक विषयवस्तु के अंतर्गत एक इकाई है। अतः इसमें पाँच इकाइयाँ हैं जिनके नाम हैं: पदार्थ–प्रकृति और व्यवहार; गति, बल और कार्य; सजीव जगत में संगठन; प्राकृतिक संसाधन और हमारा पर्यावरण। प्रत्येक इकाई में एक या अधिक अध्याय हैं। प्रत्येक अध्याय परिचय से आरंभ किया गया है जो इसे पिछले अध्यायों से जोड़ता है तथा दैनिक जीवन में विषयवस्तु के महत्त्व को बताता है जिससे विद्यार्थियों को इसकी अंतर्वस्तु को सीखने के लिए प्रेरित किया जा सके। पुस्तक की विषयवस्तु को छोटे अनुभागों या उप-अनुभागों में प्रस्तुत किया गया है। प्रत्येक अनुभाग के अंत में कुछ प्रश्न दिए गए हैं जिससे यह पता लग सके कि विद्यार्थियों ने क्या सीखा है। पाठ के प्रारंभ से अंत तक छात्रों के लिए क्रियाकलाप तथा अध्यापक निदर्शन सुझाए गए हैं। ये क्रियाकलाप आदेशात्मक नहीं हैं। विद्यालयों में उपलब्ध संसाधनों के आधार पर इनमें संशोधन, और अधिक सुधार यहाँ तक कि इन्हें बदला भी जा सकता है। हमें आशा है कि अध्यापक विद्यार्थियों को अनेक क्रियाकलाप करने के लिए प्रेरित करेंगे। निदर्शन में विद्यार्थियों का सहयोग लेना चाहिए और इसे कक्षा में अधिगम का एक अनिवार्य भाग बनाया जाना चाहिए। प्रत्येक अध्याय के अंत में, कठिनाई के आधार पर विभिन्न स्तरों के अनेक प्रश्न दिए गए हैं। कुछ अनुभागों में बॉक्स में अतिरिक्त और उपयोगी सूचना दी गई है। लेखकों ने जान-बूझकर औसत दर्जे से कम विद्यार्थियों को ध्यान में रखा है। ये बॉक्स उनके लिए बनाए गए हैं जो किसी विशेष विषय के संबंध में और अधिक जानकारी चाहते हैं। तथापि, इन बॉक्सों में दी गई सूचना इस स्तर के विद्यार्थियों के लिए मूल्यांकनरहित है।

यह अपेक्षा की जाती है कि 'विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी' की यह पुस्तक विद्यार्थियों में विज्ञान और प्रौद्योगिकी के अधिगम और उनकी विकासशील अभिवृत्तियों में सुदृढ़ आधार बनाने में सहायक होगी जो उनके जीवन को एक नया रूप प्रदान करेगी।

लेखन मंडल के अध्यक्ष के रूप में, मैं उन सभी का धन्यवाद करता हूँ जिन्होंने इस पुस्तक के विकास में सभी स्तरों पर सहयोग प्रदान किया है। मैं सभी लेखकों, अनुवादकों और संपादकों का इस पुस्तक को वर्तमान रूप प्रदान करने के लिए उनके बहुमूल्य सहयोग और सतत् प्रयास हेतु धन्यवाद करता हूँ। प्रो. जगमोहन सिंह राजपूत, निदेशक, एन.सी.ई.आर..टी. और प्रो. आर.डी. शुक्ल, अध्यक्ष, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग का उनके शैक्षिक और प्रशासनिक सहायता तथा पुस्तक के विकास में गहरी रुचि लेने के लिए मैं विशेष रूप से धन्यवाद करता हूँ। मुझे प्रो. ब्रह्म प्रकाश का आभार व्यक्त करते हुए भी प्रसन्नता हो रही है जिन्होंने न केवल समन्वयन किया बल्कि इस पुस्तक के लेखन और संपादन में भी सतत् कार्यरत रहे। मैं पुनरावलोकन कार्यशाला के प्रतिभागी अध्यापकों का भी धन्यवाद करता हूँ जिनके सहयोग से हम इस पुस्तक को शिक्षक-मित्रवत् बना सके।

मैं एन.सी.ई.आर.टी. के तकनीकी, प्रशासनिक और सहयोगी अधिकारियों एवं कर्मचारियों के प्रति भी आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने हमारे प्रयासों में तत्परता तथा सहर्ष सहायता प्रदान की है।

अंत में, मैं यह कहना चाहता हूँ कि हम पूर्णतया दक्ष होने का दावा नहीं करते हैं। तथापि, हमने एक उत्तम पुस्तक प्रस्तुत करने का कड़ा प्रयास किया है। इस पुस्तक के निर्णायक विद्यार्थी और अध्यापक होंगे। इस पुस्तक में सुधार के लिए टिप्पणियाँ और सुझाव आमन्त्रित हैं।

**कृष्ण लाल**
*अध्यक्ष*
लेखन मंडल

## हिंदी संस्करण की पांडुलिपि के पुनरावलोकन हेतु कार्यशाला में भाग लेने वाले सदस्य

1. डा. कृष्ण लाल **(अध्यक्ष)**
   निदेशक
   राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला
   डा. के. एस. कृष्णन मार्ग
   नई दिल्ली

2. श्री जे. पी. अग्रवाल
   प्राचार्य (अवकाश प्राप्त)
   शिक्षा निदेशालय, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली
   3, शक्ति अपार्टमेंट्स
   अशोक विहार–III दिल्ली

3. डा. एस. पी. सिंह
   सहायक निदेशक (शिक्षा)
   पत्राचार विद्यालय, तिमारपुर, दिल्ली

4. श्री कन्हैया लाल
   प्राचार्य (अवकाश प्राप्त)
   121, अफगानन, दिल्ली गेट
   गाजियाबाद, उत्तर प्रदेश

5. डा. ललिता एस. कुमार
   सीनियर लेक्चरर
   इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय
   मैदानगढ़ी, नई दिल्ली

6. श्री अशोक कुमार सेठ
   प्रवक्ता (जीव विज्ञान)
   एस. बी. विद्यालय, विवेक विहार, दिल्ली

**अनुवादक**

7. प्रो. वी. एन. पाठक
   रसायन शास्त्र विभाग
   राजस्थान विश्वविद्यालय
   जयपुर, राजस्थान

   प्रो. आई.सी. मित्तल
   जीव विज्ञान विभाग
   कुरुक्षेत्र विश्वविद्यालय, कुरुक्षेत्र

9. डा. बी.के. त्रिपाठी
   रीडर
   क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल

10. डा. गजेन्द्र गिरि
    प्रधान वैज्ञानिक
    सस्य विज्ञान प्रभाग
    भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
    नई दिल्ली

11. श्री डी.सी. पांडे
    सहायक निदेशक, विज्ञान शिक्षा (अवकाश प्राप्त)
    शिक्षा निदेशालय, राष्ट्रीय राजधानी क्षेत्र, दिल्ली
    794; सेक्टर 12, आर.के.पुरम्, नई दिल्ली

12. श्री आर. जी. शर्मा
    फील्ड एडवाइजर (विज्ञान)
    शिक्षा निदेशालय, लाजपत नगर-IV
    नई दिल्ली

13. श्री विजय कुमार
    उपप्राचार्य
    राजकीय बालक माध्यमिक विद्यालय
    मंडावली, दिल्ली

14. डा. मनोज कुमार गुप्ता
    पी. जी. टी. (रसायन विज्ञान)
    मुखर्जी मेमोरियल सीनियर सेकंडरी स्कूल
    मोती राम रोड, शाहदरा, दिल्ली

**विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, एन.सी.ई.आर.टी.**

1. प्रो. आर. डी. शुक्ल
2. प्रो. कृष्ण भगवान गुप्त
3. प्रो. बी. के. शर्मा
4. डा. दिनेश कुमार
5. श्री आर. जोशी
6. प्रो. ब्रह्म प्रकाश **(समन्वयक)**

## लेखन मंडल के सदस्य


1. डा. कृष्ण लाल (**अध्यक्ष**)
   निदेशक, राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला
   डा. के.एस. कृष्णन मार्ग, नई दिल्ली

2. प्रो. वी.एस. भसीन
   भौतिकी एवं खगोल भौतिकी विभाग
   दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

3. प्रो. वी.बी. भाटिया
   भौतिकी एवं खगोल भौतिकी विभाग
   दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

4. प्रो. एच.बी. सिंह
   रसायन शास्त्र विभाग
   दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

5. प्रो. आई.सी. मित्तल
   जीव विज्ञान विभाग
   कुरुक्षेत्र विश्वविद्यालय, कुरुक्षेत्र

6. डा. बी.के. त्रिपाठी
   विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग
   क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल

7. डा. अनुपम दीक्षित
   वनस्पति विज्ञान विभाग
   इलाहाबाद विश्वविद्यालय, इलाहाबाद

8. डा. गजेन्द्र गिरि
   प्रधान वैज्ञानिक, सस्य विज्ञान प्रभाग
   भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली

9. डा. एन. जैमिनी
   शिक्षा विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

**विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग**
**एन.सी.ई.आर.टी., नई दिल्ली**

10 प्रो. आर.डी. शुक्ल

11. प्रो. बी.के. शर्मा

12. प्रो. कृष्ण भगवान गुप्त

13. श्री आर. जोशी

14. प्रो. ब्रह्म प्रकाश (**समन्वयक**)

# विषयसूची

## IV प्राकृतिक संसाधन



## V हमारा पर्यावरण

# विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी में मापन
(Measurements in Science and Technology)

अध्याय 1

हम सभी भलीभाँति यह जानते हैं कि मापन हमारे दैनिक जीवन का अभिन्न अंग है तथा मापन के बिना विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी की उन्नति संभव नहीं है। कंप्यूटर व मोटरकार जैसी मशीनों का व्यापक स्तर पर उत्पादन वर्तमान युग का महत्त्वपूर्ण लक्षण है। एक कार बनाने के लिए हज़ारों पुर्जों को आपस में जोड़ा जाता है। इन सभी पुर्जों का उत्पादन एक ही स्थान, अथवा एक ही नगर, अथवा एक ही देश और यहाँ तक कि एक ही महाद्वीप में भी नहीं होता। पृथ्वी के विभिन्न स्थानों पर बने इन पुर्जों को किसी एक स्थान जैसे दिल्ली के पास स्थित किसी फैक्ट्री में जोड़कर कार बनाई जाती है। कार के विभिन्न पुर्जों की आकृति और आकार भिन्न-भिन्न हो सकते हैं तथा एक ही पुर्जे को विभिन्न स्रोतों से प्राप्त किया जा सकता है। फिर भी, जब इन पुर्जों को किसी फैक्ट्री में परस्पर जोड़ा जाता है तब ये एक-दूसरे में फिट बैठ जाते हैं और लाखों की संख्या में कारों का उत्पादन किया जा सकता है। यह तभी संभव है जब, भिन्न-भिन्न पुर्जों की आकृतियों तथा आकारों की माप उनके उत्पादन तथा जोड़ने के स्थानों पर सावधानीपूर्वक की जाए। किसी भी स्थान पर ली गई एक विशेष माप को सदैव एक ही परिणाम देना चाहिए। आइए, एक और उदाहरण पर विचार करते हैं।

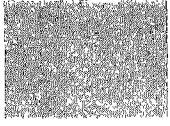
दैनिक जीवन के अनुभवों से हम जानते हैं कि किसी व्यक्ति के शरीर का सामान्य ताप 37 °C होता है। यदि इस ताप में 1 °C की वृद्धि हो जाए तो उस व्यक्ति को अस्वस्थ (बीमार) समझा जाता है, और उसे चिकित्सा की आवश्यकता होती है। चिकित्सक (या डॉक्टर) द्वारा दी जाने वाली दवा (या औषधि) की मात्रा बहुत अल्प होती है। इसको बिल्कुल ठीक-ठीक (या यथार्थतापूर्वक) मापना होता है, अन्यथा अस्वस्थ व्यक्ति ठीक नहीं होगा या उसको अपने जीवन से हाथ भी धोना पड़ सकता है। इसी प्रकार, यदि कोई व्यक्ति सोने के आभूषण खरीदता है, तो सोने का द्रव्यमान ठीक-ठीक ज्ञात होना चाहिए, अन्यथा वह ठगा जा सकता है। हम यह भी जानते हैं कि समय की यथार्थ माप के बिना आधुनिक खेलों की कल्पना भी नहीं की जा सकती। एक सौ-मीटर की दौड़ में, 0.01 सेकंड का समय भी बहुत महत्त्वपूर्ण हो जाता है। मिल्खा सिंह और पी. टी. उषा जैसे भारत के महान धावकों को, सेकंड के एक छोटे से भाग से पीछे रह जाने के कारण ओलंपिक पदक से वंचित रहना पड़ा।

हम सभी, जल व वायु प्रदूषण से बहुत चिंतित हैं। जल प्रदूषण के स्तर को जल में आर्सेनिक, पारा, सीसा आदि जैसे हानिकारक पदार्थों की उपस्थिति के आधार पर व्यक्त किया जाता है। पीने के दो करोड़ ग्राम पानी में आर्सेनिक की मात्रा 1 ग्राम से कम या $5 \times 10^{-8}$ ग्राम (0.00000005 ग्राम) प्रति लीटर से कम होनी चाहिए। यह बहुत महत्त्वपूर्ण है कि हम इस हानिकारक पदार्थ की मात्रा को यथार्थतापूर्वक माप सकें, नहीं तो जनसंख्या के एक बहुत बड़े भाग के स्वास्थ्य पर इसका गंभीर प्रभाव पड़ेगा।

विज्ञान की चरम सीमा तक प्रगति तथा प्रकृति के नए रहस्यों को प्रकट करने के लिए हमें अत्यधिक परिशुद्ध (या यथार्थ) मापन की आवश्यकता होती है। अतः हम देखते हैं कि विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी (टैक्नोलॉजी) की प्रगति के लिए, मशीनों एवं यंत्रों के निर्माण के लिए, अपने पर्यावरण की रक्षा के लिए तथा अपने दैनिक जीवन की आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए, हमें अत्यंत विश्वसनीय एवं यथार्थ मापन की आवश्यकता होती है।

इस अध्याय में हम यह विचार करेंगे कि मापन को मापन के मानकों से तथा मापन की अंतर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति (SI) से किस प्रकार संबंधित होना चाहिए।

## 1.1 मापन व मापन पद्धति

मापन का पहला मूल सिद्धांत, मापन के परिणाम को व्यक्त करने से संबंधित है। किसी मापन के परिणाम को एक संख्या व उससे संबद्ध किसी मात्रक द्वारा व्यक्त किया जाता है। उदाहरण के लिए किसी विद्यार्थी के द्रव्यमान को एक संख्या, मान लीजिए 35 तथा उसके बाद द्रव्यमान के मात्रक, किलोग्राम (kg) से व्यक्त किया जाएगा। यदि हम मात्रक किलोग्राम का उल्लेख न करें तो द्रव्यमान अनिश्चित हो जाएगा। साथ ही मापन में

अनिश्चितता के उल्लेख के बिना यह माप अपूर्ण है। जब हम कहते हैं कि किसी विद्यार्थी का द्रव्यमान 35 kg है तो, इसका तात्पर्य है कि यह 35 kg के निकट है, न कि 36 kg या 34 kg के। यह संभव है कि यह 34.5 kg, 34.6 kg, 34.7 kg, 34.8 kg या 34.9 kg हो अथवा यह 35.1 kg, 35.2 kg, 35.3 kg या 35.4 kg भी हो सकता है। दूसरे शब्दों में, यदि अनिश्चितता की चर्चा न की जाए तो 34.5 kg व 35.5 kg के बीच द्रव्यमान को 35 kg माना जाएगा। तथापि, यदि हम मापन में अनिश्चितता का स्पष्टतया उल्लेख कर दें तो द्रव्यमान को और अधिक परिशुद्धता से व्यक्त किया जा सकता है। यदि अनिश्चितता 0.1 kg हो तो द्रव्यमान 34.9 kg तथा 35.1 kg के बीच होगा।

## 1.2 मापन विज्ञान का ऐतिहासिक विकास

### 1.2.1 भारतीय मापन पद्धतियाँ

प्रागैतिहासिक काल से ही मानव किसी न किसी रूप में मापन का उपयोग करता रहा है। प्राचीनकाल में, वृक्षों या अन्य वस्तुओं की छाया की लंबाइयाँ, दिन में सन्निकट (approximate) समय बताने में सहायता करती थीं। लंबे समय अंतराल को चाँद चक्रों (lunar cycles) के रूप में व्यक्त किया जाता था, जो अभी भी कुछ पंचांगों का आधार है। जैसे-जैसे सभ्यता का विकास हुआ और मानव गाँवों व नगरों में बसने लगा वैसे-वैसे मापन की आवश्यकता भी बढ़ती गई। भारत में, विभिन्न ऐतिहासिक कालों में प्रचलित मापन-पद्धतियों के उत्तम उदाहरण उपलब्ध हैं।

> हमारे सर्वाधिक प्राचीन ग्रंथों में से एक ग्रंथ, **मनुस्मृति** में राजा के कर्तव्यों में से एक का इस प्रकार वर्णन किया गया है :
>
> **तुलामान प्रतिमानं सर्व स्यात्सुलक्षितम्।**
> **षटसु षटसु च मासेषु पुनरेव परीक्षयेत ।।403।।**
>
> *मनुस्मृति अष्टमोऽध्यायः*
>
> अर्थात् " बाटों और तुलाओं की सत्यता को सुनिश्चित करने के लिए, राजा को हर छः माह के पश्चात इनकी जाँच करवा लेनी चाहिए और उन पर अपनी राजकीय मोहर लगानी चाहिए।"
>
> [*मनुस्मृति*, अध्याय 8; श्लोक 403]

लगभग 5000 वर्ष पूर्व 'मोहनजोदड़ो काल' में नगर नियोजन व वास्तुकला के उत्कृष्ट उदाहरण मिलते हैं। भवनों आदि के निर्माण में प्रयुक्त ईंटों की लंबाई, चौड़ाई व मोटाई में 4 : 2 :1 का अनुपात पाया जाता है। आधुनिक काल में इसको अंग्रेजी आबंध पद्धति (English Bond System) कहते हैं।

सिंधु घाटी से लेकर देश के अन्य भागों तक जिनमें गुजरात, राजस्थान व हरियाणा सम्मिलित हैं, इन ईंटों का आकार (साइज़) एक-सा था। लगभग 2400 वर्ष पहले, अर्थात् चन्द्रगुप्त मौर्य के समय में, माप तौल की एक सुस्पष्ट पद्धति प्रचलित थी। उस समय शासन यह सुनिश्चित करता था कि सभी एक से बाट व मापकों का उपयोग करें। इस पद्धति के अनुसार, लंबाई का (सबसे छोटा) मात्रक 1 परमाणु था। इसके अपवर्त्यों (या गुणकों) का विस्तार 'योजन' तक था, जो लगभग 10 किलोमीटर के बराबर है। मापन के विभिन्न मात्रक निम्न प्रकार निश्चित किए गए थे :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8 | परमाणु | = | 1 | रजःकण (रथ के पहिए से निकलते हुए धूल का कण) |
| 8 | रजःकण | = | 1 | लिक्षा (जुएँ का अंडा) |
| 8 | लिक्षा | = | 1 | यूकामध्य |
| 8 | यूकामध्य | = | 1 | यवमध्य |
| 8 | यवमध्य | = | 1 | अंगुल |
| 8 | अंगुल | = | 1 | धनुर्मुष्टिः |

(संदर्भ : कौटिल्य की पुस्तक, 'अर्थशास्त्र')

> अष्टौ परमाणु के रथचक्रविप्रुट। ता अष्टौ लिक्षा। ता अष्टौ यूकामध्यः।
>
> ते अष्टौ यवमध्यः । अष्टौ यवमध्या अंगुलम् ।
>
> चतुरंगलो धनुग्रहः । अष्टांगुला धनुर्मुष्टिः ।
>
> द्वादशांगुला बितस्तिः । छाया पौरुषं च । चतुर्दशागुलं शमः ।
>
> शलः परिद्य पदं च । द्विबितस्तिररलिः प्रजापत्यो हस्तः।
>
> सधनुर्ग्रहः पौतव विवीर्तमानम आदि ।

अंगुल से 4, 8, 12, 14, 24, 28, 32, 40, 54, व 84 गुनी लंबाइयों को पृथक-पृथक नाम दिए गए थे। लंबी दूरियों

के लिए 'योजन' का उपयोग किया जाता था। कुओं की गहराई मापने या भवन-निर्माण के लिए 84 अंगुल मात्रक था। इस पद्धति का एक विशेष लक्षण यह था कि प्रत्येक मात्रक 2 से विभाजित हो सकता था।

भारतीय चिकित्सा पद्धति, आयुर्वेद में, द्रव्यमान व आयतन के मात्रक सुस्पष्ट थे। मापन की पद्धति का दृढ़तापूर्वक पालन आवश्यक माना जाता था। अन्यथा औषधि रोगी का उचित उपचार नहीं कर पातीं और हो सकता है उसे हानि भी पहुँचा देतीं।

मध्यकालीन भारत में उस समय प्रचलित मापन-पदधति के बहुत से संदर्भ मिलते हैं। मुगल सम्राट अकबर के समय में प्रचलित मापन-पद्धति का वर्णन अबुल फज़ल अल्लामी द्वारा लिखित पुस्तक **आइन-ए-अकबरी** में मिलता है। उस काल में लंबाई 'गज' में मापी जाती थी, एक गज को 24 बराबर भागों में विभाजित किया गया था। प्रत्येक भाग को तास्सुज कहा जाता था। दीर्घ गज के तास्सुज को प्रथम श्रेणी का तास्सुज कहा जाता था। इसकी लंबाई जौ की आठ बालियों की चौड़ाई के बराबर मानी जाती थी जबकि बालियों को एक-दूसरे से सटाकर रखा जाए। इस पद्धति को भूमि के रिकॉर्ड रखने, भवनों, घरों, कुओं, उद्यानों व सड़कों को बनाने में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता था। वास्तव में लंबाई के मात्रक के रूप में गज का व्यापक उपयोग, सन् 1956 ई. में मीट्रिक पद्धति अपनाने तक होता रहा।

ब्रिटिश काल में, माप तोल में एकरूपता लाने के प्रयत्न किए गए। ब्रिटिश शासक भारतीय माप तोल को उस समय ग्रेट ब्रिटेन में प्रयुक्त पद्धति से जोड़ना चाहते थे। लंबाई मापने के लिए यह मात्रक इंच, फुट व गज आदि थे और द्रव्यमान मापने के लिए ग्रेन, औंस और पौंड आदि थे। भारत में मध्यमार्ग अपनाकर एक प्रकार की मिलीजुली पद्धति प्रारंभ की गई जो स्वतंत्रता के समय तक भी प्रचलन में थी। इस पद्धति में द्रव्यमान के मुख्य मात्रक थे : रत्ती, माशा, तोला, छटाँक, सेर, और मन। इन विभिन्न मात्रकों में परस्पर निम्नलिखित संबंध था :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 | रत्ती | = | 1 माशा |
| 12 | माशा | = | 1 तोला |
| 5 | तोला | = | 1 छटाँक |
| 16 | छटाँक | = | 1 सेर |
| 40 | सेर | = | 1 मन |
| 1 | मन | = | 100 पौंड ट्रॉय (यथार्थ) |

रत्ती एक लाल रंग का बीज होता है, जिसका द्रव्यमान लगभग 120 मिलीग्राम (mg) होता है। इसे स्वर्णकारों व परंपरागत चिकित्सा पद्धति के चिकित्सकों द्वारा काम में लाया जाता था।

### 1.2.2 मिस्र तथा अन्य क्षेत्रों की मापन पद्धतियाँ

ईसा से कई हज़ार वर्ष पूर्व मिस्र की सभ्यता बहुत विकसित थी। वे लंबाई के एक मात्रक का उपयोग करते थे, जिसे 'क्यूबिट' कहा जाता था। विश्वास किया जाता है कि क्यूबिट को 6000 वर्ष पूर्व स्पष्ट रूप से निश्चित किया गया था। राजाज्ञा से, एक क्यूबिट को, उस समय के मिस्र के फारोह (सम्राट) की अग्र भुजा तथा हथेली की लंबाई के योग के बराबर माना गया था। इस लंबाई का मिस्र के पिरामिडों के निर्माण में व्यापक रूप से उपयोग किया गया था। मिस्र के इस शाही क्यूबिट को एक काले ग्रेनाइट पत्थर का बनाया जाता था ताकि इसकी लंबाई निश्चित व स्थिर रहे। श्रमिकों को इस शाही क्यूबिट की माप की लकड़ी की छड़ियाँ, या ग्रेनाइट के टुकड़े दिए जाते थे। प्रत्येक श्रमिक को अपनी इस छड़ी या ग्रेनाइट के टुकड़े को प्रत्येक पूर्णमासी की रात को वापस लाना पड़ता था ताकि उसकी लंबाई की यथार्थता की जाँच की जा सके। ऐसा न करने की सजा मृत्युदंड थी।

मध्यकालीन यूरोप में लंबाई के मात्रक को उस क्षेत्र के शासक की मनमर्जी से निर्धारित किया जाता था। कभी–कभी स्थानीय राजा के पैर की लंबाई को 'शासक का फुट' या 'फुट ऑफ द रूलर' कहा जाता था। फुट को 12 भागों में बाँटा जाता था और प्रत्येक भाग को एक इंच कहा जाता था। इसी काल में लंबाई के मात्रक को, सम्राटों के शरीर के भागों से मुक्त करने के कुछ प्रयत्न भी किए गए। उदाहरण के लिए 16 वीं शताब्दी में, एक रविवार को चर्च से बाहर निकलते हुए 16 व्यक्तियों को पैर से पैर मिलाकर एक लाइन में खड़ा रहने को कहा गया। इन 16 व्यक्तियों के पैरों की लंबाई के औसत को 'एक फुट' माना गया। यह व्यवस्था फ्रांस की क्रांति के समय तक चलती रही। तत्पश्चात् एक महान परिवर्तन हुआ जो आधुनिक मापन पद्धति का आधार है।

**प्रश्न**

1. भारत में निम्न कालों में प्रचलित मापक पद्धतियों के मुख्य लक्षणों का वर्णन कीजिए ?
   (i) प्राचीन काल
   (ii) 200 ई. पू. के लगभग, व
   (iii) मुगल काल।
2. स्वतंत्रता के समय भारत में प्रचलित द्रव्यमान के मुख्य मात्रकों का वर्णन कीजिए। ये द्रव्यमान मात्रक उस समय के ब्रिटिश मात्रकों से किस प्रकार संबंधित थे ?
3. मिस्र में लंबाई का मात्रक क्या था ? इस मात्रक ने 'संसार के एक आश्चर्य' के निर्माण में क्या महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई ?
4. एक फुट को परिभाषित करने की दो भिन्न विधियों का वर्णन कीजिए ?

## 1.3 आधुनिक मापन पद्धति

समस्त संसार की सर्वमान्य वर्तमान मापन पद्धति का विकास फ्रांस की क्रांति के पश्चात् हुआ। यूरोप के अन्य वैज्ञानिकों के साथ फ्रांसीसी वैज्ञानिकों ने भी यह स्वीकार किया कि लंबाई के मात्रक को किसी प्राकृतिक परिघटना से संबद्ध करना अधिक अच्छा होगा। इसको शारीरिक भागों से मुक्त होना चाहिए। प्रारंभ में उन्होंने इसे पृथ्वी के व्यास से सबंद्ध करने का निर्णय लिया। उस समय उन्होंने मीटर को लंबाई का मात्रक माना। एक मीटर को पृथ्वी के याम्योत्तर के चतुर्थांश का एक लाखवाँ भाग माना गया। मीटर को निश्चित करने के लिए फ्रांस के नगर डंकर्क (Dunkirk) तथा स्पेन के नगर बार्सिलोना में स्थित दो भू-चिह्नों (land marks) के बीच की दूरी मापना आवश्यक था, किंतु, इस मीटर को विश्व के सभी देशों द्वारा स्वीकार किए जाने में कुछ समस्याएँ थीं। उस समय यूरोप के देशों के बीच बार-बार युद्ध हुआ करते थे। अतः भिन्न-भिन्न देशों के वैज्ञानिकों के लिए दो भिन्न देशों में स्थित नगरों के बीच की इतनी लंबी दूरी को समय-समय पर मापना संभव नहीं था। इस समस्या को प्लैटिनम की छड़ का मीटर बनाकर दूर किया गया। इसको मीटर डे-आर्काइव्स (Meter des Archives) कहा जाता है। यह मीटर पृथ्वी के याम्योत्तर के आधार पर तय किए गए मीटर से 20 % छोटा था।

इस युग में, विशेषकर यूरोप में, तीव्र गति से औद्योगीकरण हुआ। वैज्ञानिकों ने यह महसूस किया कि त्वरित औद्योगिक प्रगति के लिए लंबाई, द्रव्यमान व समय के कुछ सर्वनिष्ठ मात्रक होने चाहिए। इसके बिना देशों के बीच व्यापार बहुत कठिन होगा। साथ ही किसी युक्तिसंगत मापन पद्धति की अनुपस्थिति में वैज्ञानिक प्रगति भी धीमी होगी। सन् 1875 ई. में एक 'अंतर्राष्ट्रीय मीटर-समझौता' पर हस्ताक्षर हुए। इस समझौते के अंतर्गत 'माप तोल का एक अन्तर्राष्ट्रीय ब्यूरो' स्थापित किया गया, जिसे इसके औपचारिक फ्रांसीसी नाम, Bureau International des Poids et Measures, के संक्षिप्त रूप बी.आई.पी.एम. (BIPM) से भी जाना जाता है। यह ब्यूरो अभी भी पेरिस में सेवर्स (Sevres) नामक स्थान पर कार्य कर रहा है। बी.आई.पी.एम. द्वारा स्वीकृत यह पद्धति तीन मूल राशियों – लंबाई, द्रव्यमान व समय – के मात्रकों पर आधारित थी। इस पद्धति के अनुसार लंबाई के लिए **मीटर**, द्रव्यमान के लिए **किलोग्राम** तथा समय के लिए **सेकंड** का उपयोग मात्रकों के रूप में किया गया। अंतर्राष्ट्रीय ब्यूरो ने प्लैटिनम व इरिडियम की मिश्र धातु की विशेष अनुप्रस्थ काट की छड़ें बनवाईं जिनके दोनों सिरों पर दो पतली समांतर रेखाएँ खुदी होती हैं, इन दो रेखाओं के बीच की दूरी को एक मीटर स्वीकार किया गया है। सन् 1889 ई. में आयोजित माप तोल की प्रथम सामान्य कांफ्रेंस (General Conference on Weights and Measures) में इस मीटर का एक-एक आदि प्ररूप उन सब राष्ट्रों को दिया गया जिन्होंने 'अंतर्राष्ट्रीय मीटर संधि' पर हस्ताक्षर किए थे। स्वतंत्रता प्राप्ति के पश्चात् भारत ने भी इस संधि पर हस्ताक्षर किए और मीटर का एक आदि प्ररूप प्राप्त किया। इस आदि प्ररूप पर आधारित मीटर की यह परिभाषा सन् 1960 तक मान्य रही। बी.आई.पी.एम. अभी भी मापन विज्ञान के क्षेत्र में सभी अंतर्राष्ट्रीय कार्यकलापों का केंद्र बिंदु है।

दूसरे विश्व युद्ध के पश्चात् तीव्र गति से वैज्ञानिक विकास हुए। इनके लिए और अधिक अच्छी मापन पद्धति की आवश्यकता हुई। यह स्वीकार किया गया कि यदि मीटर को क्रिप्टॉन (समस्थानिक $^{86}$Kr) द्वारा निर्वात में उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्ध्य के रूप में परिभाषित किया जाए, तो लंबाई के मापन में अत्यधिक यथार्थता प्राप्त की जा सकती है। जैसा कि आप बाद में

विस्तार से पढ़ेंगे, प्रकाश, विद्युत चुंबकीय विकिरण है। इसे दोलायमान विद्युत व चुंबकीय क्षेत्रों द्वारा उत्पन्न तरंग गति माना जा सकता है। किसी तालाब के पानी में पत्थर डालने से उत्पन्न तरंग गति के दो लक्षण उसकी तरंगदैर्ध्य व आवृत्ति होते हैं। दृश्य विकिरण की तरंगदैर्ध्य बहुत कम ($4-8 \times 10^{7}$ मीटर) होती है। दीर्घकालीन प्रयोगों के पश्चात् सन् 1960 ई. में, मीटर को $^{86}Kr$ की तरंगदैर्ध्य के रूप में परिभाषित किया गया। इससे लंबाई मापन की यथार्थता में बहुत सुधार हुआ। इसी प्रकार, मापन में उच्च कोटि की यथार्थता प्राप्त करने के लिए, समय-समय पर मीटर-संधि के सदस्य राष्ट्रों द्वारा, अन्य मात्रकों की नई परिभाषाएँ विधिवत् अपनाई गई हैं।

**प्रश्न**

1. आधुनिक मापन-पद्धति कब प्रारंभ हुई और इसके मूल मात्रक क्या थे?
2. 'अंतर्राष्ट्रीय मीटर संधि' के समय मीटर की परिभाषा क्या थी? यह परिभाषा फ्रांस की क्रांति के पश्चात् दी गई मीटर की परिभाषा से किस प्रकार भिन्न थी?
3. मापन के विख्यात अंतर्राष्ट्रीय केंद्र का नाम क्या है? यह कब और कहाँ स्थापित किया गया?

## 1.4 अंतर्राष्ट्रीय मात्रक (SI) पद्धति

जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है, मात्रकों की पद्धति व मात्रकों की परिभाषा, समय के साथ बदलती रहती है। सामान्यतः जब किसी नए सिद्धांत को अपनाने से किसी मात्रक के मापन की यथार्थता को पर्याप्त रूप से बढ़ाना संभव होता है, तो मीटर संधि के सदस्य राष्ट्र, उस मात्रक की नवीन औपचारिक परिभाषा को स्वीकार कर लेते हैं। जब भी विज्ञान में कोई ऐसी नई खोज होती है और जिससे मापन का स्तर अधिक अच्छा हो सकता है, तो उसको इस उद्देश्य के लिए तुरंत अपना लिया जाता है। साथ ही, जब भी उच्च प्रौद्योगिकी–उद्योग और उपग्रह तकनीक जैसी चुनौतीपूर्ण परियोजनाओं के संदर्भ में उपभोक्ताओं की माँग होती है, तो मापन की यथार्थता को उन्नत करने के लिए व्यापक स्तर पर शोध कार्य किए जाते हैं। भौतिकी में नोबेल पुरस्कारों से सम्मानित कई खोजों ने मापन की नई परिभाषाओं व नए स्तरों को जन्म दिया है। सहज प्रवृत्ति यह है कि मापन के मात्रकों को, भौतिक जगत् की मौलिक घटनाओं से संबद्ध किया जाए और इन्हें मीटर छड़ जैसी कृत्रिम वस्तुओं से मुक्त किया जाए।

वर्तमान में, अंतर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति अथवा SI (फ्रांसीसी नाम Le Systeme International d' Units का संक्षिप्त रूप) को मापन के लिए सारे संसार में उपयोग किया जाता है। यह पद्धति सारणी 1.1 में दिए गए सात मूल मात्रकों पर आधारित है।

**सारणी 1.1 : अंतर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति के सात मूल मात्रक।**

| *मूल राशि* | *मात्रक* | *प्रतीक* |
|---|---|---|
| 1. लंबाई (length) | मीटर | m |
| 2. द्रव्यमान (mass) | किलोग्राम | kg |
| 3. समय (time) | सेकंड | s |
| 4. विद्युत धारा (electric current) | ऐम्पियर | A |
| 5. ताप (temperature) | केल्विन | K |
| 6. ज्योति तीव्रता (luminous intensity) | कैंडेला | cd |
| 7. पदार्थ की मात्रा (amount of substance) | मोल | mol |

सभी मूल मात्रकों के सुपरिभाषित प्रतीक होते हैं। ये प्रतीक सारणी 1.1 के अंतिम कॉलम में दिए गए हैं। इन मूल मात्रकों की परिभाषाएँ सारणी 1.2 में दी गई हैं। साथ ही यह भी दिया गया है कि इन परिभाषाओं को किस वर्ष अपनाया गया।

जिन सात मात्रकों का ऊपर वर्णन किया गया है वे न तो आधुनिक विज्ञान अथवा प्रौद्योगिकी की, और न ही हमारी दैनिक जीवन की माँग को पूरा करने के लिए पर्याप्त है। उदाहरण के लिए, हमें बार-बार आयतन, घनत्व, बल, ऊर्जा, दाब इत्यादि मापने की आवश्यकता होती है। तथापि इन राशियों के मात्रक इन मूल मात्रकों से व्युत्पन्न किए जा सकते हैं। उदाहरण के लिए आयतन लंबाई से (= लंबाई $^{3}$) और घनत्व द्रव्यमान व लंबाई से (= द्रव्यमान / आयतन) संबंधित है। इन राशियों के मात्रकों को व्युत्पन्न मात्रक कहते हैं।

मूल मात्रकों के प्रतीकों को ठीक इसी रूप में समस्त संसार में स्वीकार किया गया है। ये लेखन की भाषा पर भी निर्भर नहीं करते, (अर्थात् आप किसी भी भाषा में

लिखें इन प्रतीकों को ठीक इसी प्रकार और अंग्रेजी के इन्हीं अक्षरों में लिखा जाएगा)। लेखन की भाषा भले ही रूसी हो, जापानी हो, स्पेनिश हो, हिंदी हो, या अन्य कोई भाषा, इन प्रतीकों को अंग्रेजी के अक्षरों द्वारा ही लिखा जाएगा। जैसे अंग्रेजी में यदि आप लंबाई को 1.5 m, और द्रव्यमान को 40 kg लिखें तो, किसी भी अन्य भाषा में भी इनको क्रमशः 1.5 m और 40 kg ही लिखा जाएगा। हिंदी में मीटर को मी., किलोमीटर को कि. मी., किलोग्राम को कि. ग्रा., सेकंड को से. आदि लिखना मान्य नहीं है। ध्यान दीजिए कि इन प्रतीकों को बहुवचन में भी नहीं लिखा जाता। जैसे, दो मीटर की ऊँचाई को 2 ms व 40 किलोग्राम द्रव्यमान को 40 kgs लिखना मान्य नहीं है, इनको क्रमशः 2 m व 40 kg ही लिखना होगा। साथ ही ऐम्पियर के प्रतीक A, व केल्विन के प्रतीक K, को छोड़ कर मूल मात्रकों के अन्य सभी प्रतीक अंग्रेजी के बड़े अक्षरों (Capital letters) में नहीं लिखे जाते।

**प्रश्न**

1. उन मात्रकों के नाम लिखिए जिन पर अंतर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति (SI) आधारित है। इनको क्या कहा जाता है? क्या इनके विशेष प्रतीक होते हैं? यदि ऐसा है तो उनके नाम लिखिए।
2. 'अंतर्राष्ट्रीय मीटर संधि' पर हस्ताक्षर होने के बाद से अभी तक, कौन-सा मात्रक बदला नहीं है?
3. मूल मात्रकों की परिभाषाएँ क्यों बदलती रहती हैं? मूल मात्रकों की परिभाषा में अंतिम परिवर्तन कब हुआ था?

सारणी 1.2 : अंतर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति के सात मूल मात्रक, उनके प्रतीक व परिभाषाएँ।

| *मूल राशि* | *मात्रक* | *प्रतीक* | *परिभाषा* | *वर्ष* |
|---|---|---|---|---|
| लंबाई | मीटर | m | प्रकाश द्वारा निर्वात में एक सेकंड के 1/299 792 458* भाग में, तय की गई दूरी एक मीटर होती है। | 1983 |
| द्रव्यमान | किलोग्राम | kg | एक किलोग्राम, किलोग्राम के अंतर्राष्ट्रीय आदि प्ररूप के द्रव्यमान के बराबर होता है। | 1889 |
| समय | सेकंड | s | सीजियम-133 परमाणु के निम्नतम ऊर्जा स्तर के दो अतिसूक्ष्म स्तरों के मध्य संक्रमण के तदनुरूपी विकिरण के 9 192 631 770 आवर्त कालों की अवधि एक सेकंड के बराबर होती है। | 1967 |
| विद्युत धारा | ऐम्पियर | A | एक ऐम्पियर वह धारा है जो कि निर्वात में 1 मीटर की दूरी पर स्थित अनंत लंबाई के दो सीधे व समांतर तारों में प्रवाहित होने पर, तारों के बीच प्रति मीटर लंबाई पर $2\times10^{-7}$ न्यूटन का बल उत्पन्न करती है। | 1948 |
| ऊष्मागतिक ताप | केल्विन | K | एक केल्विन, जल के त्रिक बिंदु के ऊष्मा गतिक ताप का 1/273.16वाँ भाग है। | 1967 |
| पदार्थ की मात्रा | मोल | mol | (i) कार्बन-12 के 0.012 किलोग्राम में जितने तात्विक कण हैं यदि किसी निकाय में उतने ही तात्विक कण हों तो उस निकाय के पदार्थ की मात्रा 1 मोल होती है। (ii) जब मोल का उपयोग किया जाता है, तो तात्विक कणों के विशिष्ट नाम का उल्लेख भी अवश्य करना चाहिए। कोई तात्विक कण अणु, परमाणु, आयन, इलेक्ट्रॉन अथवा अन्य कण या इनका विशिष्ट समूह हो सकता है। | 1971 |
| ज्योति तीव्रता | कैंडेला | cd | कैंडेला किसी दिशा में वह ज्योति तीव्रता है जो $540\times10^{12}$ हर्ट्ज़ आवृत्ति के एकवर्णीय विकिरण का स्रोत उत्सर्जित करता हो तथा उसी दिशा में जिसकी विकिरण तीव्रता 1/683 वाट प्रति स्टेरेडियन हो। | 1979 |

*निर्वात में प्रकाश का वेग = 299,792,458 m/s

## 1.5 मापन के मानकों का अनुरक्षण

भारत सहित प्रत्येक औद्योगिक देश में एक राष्ट्रीय माप-विज्ञान संस्थान (National Metrological Institute (NMI) की स्थापना की गई है, जो मापन के मानकों का अनुरक्षण करता है। हमारे देश में यह उत्तरदायित्व नई दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला (NPL) का है। इस प्रयोगशाला में मूल व व्युत्पन्न मात्रकों को प्राप्त करने के लिए प्रयोग किए जाते हैं और मापन के राष्ट्रीय मानकों का अनुरक्षण किया जाता है। इन मानकों की तुलना समय-समय पर अन्य देशों के 'राष्ट्रीय मापिकी संस्थानों' तथा पेरिस में स्थित 'माप–तोल के अंतर्राष्ट्रीय ब्यूरो' (BIPM) में अनुरक्षित मानकों से की जाती है। इससे यह सुनिश्चित हो जाता है कि भारतीय राष्ट्रीय मानक (Indian National Standards) अंतर्राष्ट्रीय मानकों के तुल्य हैं।

किसी भी देश में ली गई कोई भी माप, प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से उस देश के राष्ट्रीय मानकों से संबद्ध होनी चाहिए। इसके लिए देश के विभिन्न राज्यों और क्षेत्रों में प्रयोगशालाओं की एक श्रृंखला स्थापित की जाती है। इनमें प्रत्येक प्रयोगशाला कुछ मानकों का परीक्षण करती हैं। दैनिक जीवन तथा उद्योग में प्रयुक्त बाटों व मापों का इनमें से किसी एक प्रयोगशाला में परीक्षण करके उन्हें प्रमाणित किया जाता है। घरों में उपयोग होने वाले विद्युत व पानी के मीटरों का परीक्षण भी इसी प्रकार किया जाता है। नई दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला का यह उत्तरदायित्व है कि विभिन्न स्तरों पर इन प्रयोगशालाओं के मापन-मानकों का अंशांकन (calibration) करे। इस प्रकार देश में ली गई कोई माप, राष्ट्रीय मानकों से और उनके द्वारा अंतर्राष्ट्रीय मानकों से संबद्ध हो जाती है। उदाहरण के लिए, अपने दैनिक जीवन के लिए जब हम चावल या गेहूँ का आटा खरीदते हैं, तो दुकानदार द्वारा प्रयुक्त बाट स्थानीय प्रशासन के माप-तोल विभाग द्वारा प्रमाणित होते हैं। इन स्थानीय प्रशासनों के कार्यकारी मापक, राज्य स्तरीय मानकों या किसी अन्य प्राधिकृत प्रयोगशाला से अंशांकित होने चाहिए। राज्य स्तरीय प्रयोगशालाओं को अपने मानक राष्ट्रीय स्तर पर राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला (NPL) से अंशांकित कराने होते हैं, जो कि अंतर्राष्ट्रीय मानकों के तुल्य होते हैं। आज, संसार में किसी भी स्थान पर ली गई माप, अंतर्राष्ट्रीय पद्धति से जुड़ी होती है। अतः 'मीटर संधि' के सदस्य देशों द्वारा प्रयत्न किए जा रहे हैं कि यदि किसी देश को आधुनिक मापन पद्धति स्थापित करनी हो, तो वहाँ ली गई मापों के परिणाम संसार के सभी स्थानों पर मान्य हों।

**प्रश्न**

1. कौन-सा संस्थान भारतीय राष्ट्रीय मापन के मानकों का अनुरक्षण करता है?
2. देश में ली गई सभी माप, राष्ट्रीय मानकों से कैसे संबद्ध होती हैं?
3. क्या हमारे देश में ली गई माप, अंतर्राष्ट्रीय मानकों से संबद्ध हैं? यदि ऐसा है तो किस प्रकार?

## 1.6 अपवर्त्य व अपवर्तक

सभी प्रकार के मापन के परिणामों को सारणी 1.1 में दिए गए प्रतीकों के रूप में व्यक्त करना कठिन व असुविधाजनक है। उदाहरण के लिए, दो नगरों के बीच की दूरी को मीटर में व्यक्त करने की अपेक्षा किलोमीटर में व्यक्त करना अधिक सुविधाजनक है। विद्युत गृहों में उत्पन्न विद्युत शक्ति लाखों वाट में होती है। अतः हमें मात्रकों के अपवर्त्यों जैसे $10^3$, $10^6$, $10^9$ आदि के लिए, विशेष नामों की आवश्यकता होती है। इसके विपरीत मात्रकों के छोटे उपभाग होते हैं जिनको भी परिशुद्धता पूर्वक निश्चित करना होता है। उदाहरण के लिए, हम देखते हैं कि दैनिक जीवन में लंबाई मापने के लिए जो पैमाना काम में लाया जाता है, उसका प्रत्येक छोटा भाग मिलीमीटर, अर्थात मीटर का एक हज़ारवाँ भाग होता है। इसी प्रकार, सामान्यतः सोना व अन्य बहुमूल्य धातुओं, तथा हीरों का क्रय-विक्रय किलोग्राम में नहीं होता। इन बहुमूल्य पदार्थों के क्रय-विक्रय के समय, ग्राम के बहुत छोटे भाग तक की परिशुद्धता की आवश्यकता होती है। मीटर-संधि के अंतर्गत, अंतर्राष्ट्रीय अपवर्त्यों (multiples) व अपवर्तकों (submultiples या fractions) के प्रतीकों व इनके परिमाणों को अविकल्पतः मान्यता प्रदान की गई है। सारणी 1.3 में बहुत से अपवर्त्यों व अपवर्तकों को दिखाया गया है। इस सारणी के गहरे नीले वर्ण तथा स्लेटी वर्ण में छायित (shaded) भाग में दिए गए अपवर्त्य तथा अपवर्तक सामान्यतः उपयोग में नहीं आते। इनका महत्त्व केवल विशेष स्थितियों में होता है।

सारणी 1.3 : अपवर्त्य व अपवर्तकों के पूर्वलग्न और प्रतीक।

| गुणक | पूर्वलग्न | प्रतीक |
|---|---|---|
| $10^{24}$ | योटा | Y |
| $10^{21}$ | जेट्टा | Z |
| $10^{18}$ | एक्सा | E |
| $10^{15}$ | पेटा | P |
| $10^{12}$ | टैरा | T |
| $10^{9}$ | गिगा | G |
| $10^{6}$ | मैगा | M |
| $10^{3}$ | किलो | k |
| $10^{2}$ | हैक्टो | h |
| $10^{1}$ | डेका | da |
| $10^{-1}$ | डेसि | d |
| $10^{-2}$ | सैंटि | c |
| $10^{-3}$ | मिलि | m |
| $10^{-6}$ | माइक्रो | μ |
| $10^{-9}$ | नैनो | n |
| $10^{-12}$ | पिको | p |
| $10^{-15}$ | फेम्टो | F |
| $10^{-18}$ | ऐटो | a |
| $10^{-21}$ | ज़ेप्टो | z |
| $10^{-24}$ | योक्टो | y |

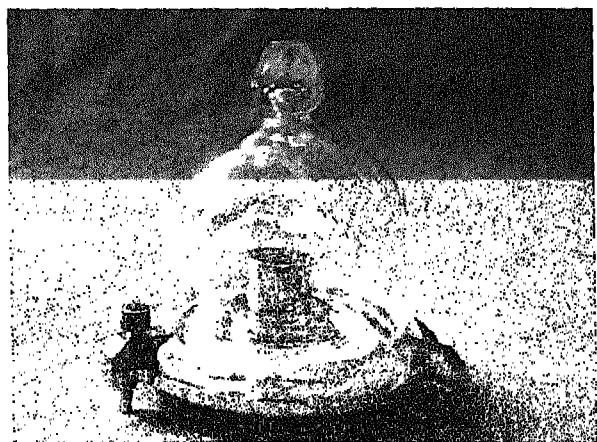
## 1.7 मापन के भारतीय राष्ट्रीय मानक

अब हम नई दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला द्वारा अनुरक्षित मूल मात्रकों के भारतीय राष्ट्रीय मानकों का संक्षेप में वर्णन करेंगे।

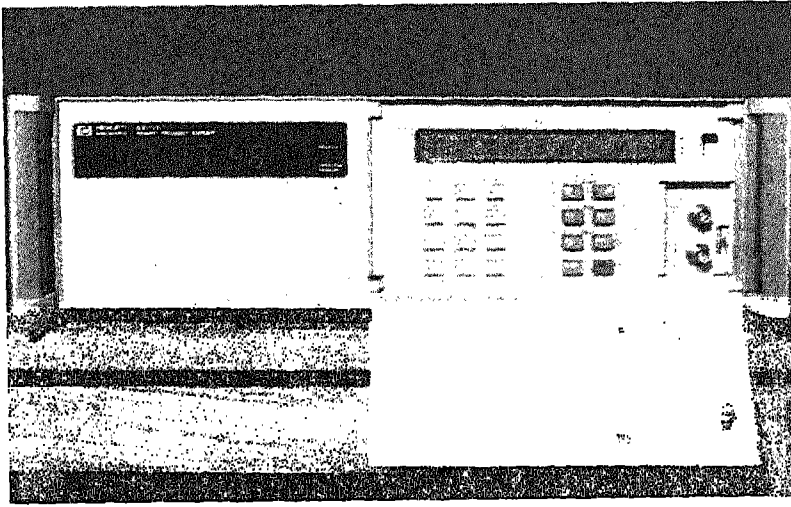
लंबाई का मानक (मीटर) हीलियम-नियॉन के लेजर प्रकाश स्रोत द्वारा प्राप्त किया जाता है। इस प्रकाश स्रोत की आवृत्ति प्रयोग द्वारा मापी जाती है। आवृत्ति के इस मान तथा अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर मान्य प्रकाश के वेग (299, 792, 458 m/s) से नीचे दिए गए संबंध द्वारा इस लेजर की तरंगदैर्ध्य ज्ञात की जाती है :

**तरंगदैर्ध्य = प्रकाश का वेग/आवृत्ति**

NPL में प्रयुक्त तरंगदैर्ध्य का मान 633 नैनोमीटर (nm) है (जहाँ 1 नैनोमीटर = $1/10^9$ m)। उच्च यथार्थता के प्रकाशीय व्यतिकरणमापी द्वारा किसी दूरी को लेजर प्रकाश की तरंगदैर्ध्य के पदों में मापा जा सकता है। लंबाई के मापन में NPL द्वारा प्राप्त अनिश्चितता का वर्तमान स्तर = $\pm 3\times10^{-9}$ है। तथापि, अधिकांश मापनों में $\pm 1 \times 10^{-6}$ की अनिश्चितता पर्याप्त मानी जाती है।

द्रव्यमान के लिए भारत के राष्ट्रीय मानक, अंतर्राष्ट्रीय आदिप्ररूप किलोग्राम की प्रतिलिपि संख्या 57 है। यह प्लैटिनम इरीडियम का सिलिंडर है, जिसका द्रव्यमान पेरिस स्थित अंतर्राष्ट्रीय माप-तोल ब्यूरो के अंतर्राष्ट्रीय आदिप्ररूप की तुलना में मापा जाता है। NPL में अचुंबकीय स्टेनलैस स्टील और निकल-क्रोमियम मिश्रधातु से बने मानक किलोग्राम तैयार किए जाते हैं जिनका उपयोग अंतरण मानक के रूप में किया जाता है।

*चित्र 1.1 : अंतर्राष्ट्रीय आदिप्ररूप किलोग्राम की प्रतिलिपि संख्या 57 (का फोटोग्राफ), जिसे NPL में राष्ट्रीय मानक के रूप में काम में लाया जाता है।*

चित्र 1.1 में अंतर्राष्ट्रीय आदिप्ररूप किलोग्राम का चित्र दिखाया गया है, जिसे द्रव्यमान के भारतीय राष्ट्रीय मानक के रूप में उपयोग किया जाता है। इसके द्रव्यमान में अनिश्चितता $\pm 4.6\times10^{-9}$ है।

समय अंतराल के राष्ट्रीय मानक सेकंड के साथ-साथ आवृत्ति के राष्ट्रीय मानकों का अनुरक्षण चार

*चित्र 1.2 : समय के भारतीय मानक के अनुरक्षण के लिए प्रयुक्त NPL की सीज़ियम परमाणु घड़ी का एक फोटोग्राफ।*

सीज़ियम परमाणु घड़ियों द्वारा किया जाता है। चित्र 1.2 में NPL में अनुरक्षित एक ऐसी ही घड़ी दिखाई गई है। भारतीय मानक समय इन परमाणु घड़ियों के सेट से संबद्ध है। इनसे प्राप्त समय में अनिश्चितता $\pm 1 \times 10^{-13}$ है। वर्तमान में समय व आवृत्ति ऐसे भौतिक प्राचल हैं, जिन्हें अत्यधिक परिशुद्धता से मापा जा सकता है। अतः अन्य भौतिक राशियों को समय अथवा आवृत्ति से संबद्ध करने के प्रयत्न किए जाते हैं। NPL में अनुरक्षित मानकों को भिन्न-भिन्न उपभोक्ताओं को उपलब्ध कराना होता है। इस प्रक्रम को प्रसारण कहते हैं जिसे कई विधियों से किया जाता है। जिन अनुप्रयोगों में समय मापन में उच्च स्तर की परिशुदधता या निम्न स्तर की अनिश्चितता की आवश्यकता होती है, उनके लिए किसी उपग्रह-आधारित प्रसारण सेवा का प्रावधान किया गया है, जिसमें भारतीय उपग्रह इन्सैट (INSAT) का उपयोग किया जाता है। दिन-प्रतिदिन की आवश्यकताओं के लिए, भारतीय मानक समय का प्रसारण टी. वी., रेडियो, व विशेष दूरभाष (टेलीफोन) सेवा द्वारा भी किया जाता है। NPL में अनुरक्षित परमाणु घड़ियाँ 'भूमंडलीय-स्थिति-निर्धारण पद्धति' या GPS (Global Positioning System) के द्वारा अन्य माप-विज्ञान संस्थानों से संबद्ध हैं। इस प्रकार, सब घड़ियों की परस्पर तुलना हो जाती है, जिससे भारतीय मानक समय एवं विश्व के अन्य देशों के मानकों में तुल्यता स्थापित हो जाती है।

विद्युत धारा के मात्रक ऐम्पियर (A) को, NPL द्वारा वोल्ट तथा ओम (ohm) को पृथक-पृथक माप कर प्राप्त किया जाता है। ऐम्पियर के मापन में अनिश्चितता $\pm 1 \times 10^{-6}$ है। ताप का मानक 1990 में अंतर्राष्ट्रीय तापक्रम पर आधारित है जिसे ITS–90 (International Temperature Scale -1990) के नाम से जाना जाता है। यह विभिन्न ताप परिसरों के अनेक नियत ताप बिंदुओं को निर्दिष्ट करने वाले तापों पर आधारित है ताकि संपूर्ण ताप परिसर का समावेश किया जा सके।

इन ताप बिंदुओं में सबसे महत्त्वपूर्ण ताप जल का त्रिक-बिंदु है। इस ताप पर जलवाष्प, द्रव जल तथा ठोस जल (बर्फ) परस्पर साम्यावस्था में होते हैं। इस ताप को 273.16 K मान दिया गया है (सारणी 1.2)। इस ताप को प्राप्त किया जा सकता है, मापा जा सकता है, और इसका अनुरक्षण भी किया जा सकता है। वर्तमान में NPL में अनुरक्षित ताप का परिसर 54 K से 2473 K है। ताप मापन में अनिश्चितता का स्तर $\pm 2.5 \times 10^{-4}$ है।

ज्योति-तीव्रता के मात्रक कैंडेला को परम रेडियोमापी द्वारा प्राप्त किया जाता है। प्रायोगिक कार्यों के लिए, एक विशेष प्रकार के टंगस्टन-तापदीप्त बल्बों का उपयोग किया जाता है। इसके मापन में अनिश्चितता का स्तर $\pm 1.3–1.6 \times 10^{-2}$ है।

पदार्थ की मात्रा के मात्रक मोल (mole) को प्राप्त करने के लिए प्रायोगिक कार्य किए जा रहे हैं।

आयनकारी विकिरणों के मापन से संबद्ध मानकों का अनुरक्षण NPL द्वारा नहीं किया जाता। यह भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई (Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai) का उत्तरदायित्व है।

**प्रश्न**

1. प्रकाश के वेग व लेजर की आवृत्ति के संयोजन से लंबाई के मूल मात्रक को किस प्रकार प्राप्त किया जाता है?
2. द्रव्यमान के राष्ट्रीय मानक व अंतरण मानक में क्या अंतर है?
3. समय के भारतीय मानक को किस प्रकार प्राप्त किया जाता है? देश में इसका प्रसारण किस प्रकार होता है?
4. समय का भारतीय मानक अन्य देशों के राष्ट्रीय मानकों से किस प्रकार संबद्ध है?
5. आयनकारी विकिरणों से संबंधित मापन के भारतीय मानकों का अनुरक्षण कहाँ होता है?

## भारत में मीटरी पद्धति की स्थापना

1947 में स्वतंत्रता के पश्चात् यह महसूस किया गया कि औद्योगिक संवृद्धि की दर में वृद्धि करने के लिए देश में आधुनिक मापन पद्धति की स्थापना करना आवश्यक होगा। भारत के तत्कालीन प्रधानमंत्री जवाहरलाल नेहरु ने इसमें गहरी रुचि ली। यह बताया जाना आवश्यक है कि स्वतंत्रता के समय भारत की मापन पद्धति एकीकृत नहीं थी। विभिन्न क्षेत्रों में मापतोल के लिए प्रायः भिन्न-भिन्न मात्रक उपयोग किए जाते थे। साथ ही प्रचलित सिक्कों व मुद्रा पद्धति पर भी गंभीर पुनर्विचार आवश्यक था। द्रव्यमान के मात्रक सेर का मान, एक नगर से दूसरे नगर में, और विशेषतः भारत के रजवाड़ों में भिन्न–भिन्न था। जवाहरलाल नेहरु ने उस समय लिखा था :

*"अपनी ओर से, पिछले कई वर्षों से मैं भारत के लिए मीटरी पद्धति में पूर्ण विश्वास प्रकट करते हुए इसका समर्थन करता रहा हूँ। मैं, मापतोल व मुद्रा की वर्तमान पद्धति में परिवर्तन से होने वाली कठिनाइयों को समझता हूँ। किंतु, मुझे पूरा विश्वास है कि कभी न कभी हमें ऐसा करना ही पड़ेगा। अतः, जितना शीघ्र हम ऐसा करें उतना ही अच्छा होगा। हम व्यापक स्तर पर औद्योगीकरण की दहलीज पर खड़े हैं। यह भविष्यवाणी करना सरल नहीं है कि मुद्रा व मापतोल की जो पद्धति हम अपनाएँगे, वह इस औद्योगीकरण में सहायक होगी या इसमें विघ्न डालेगी।*

*आजकल सभी वैज्ञानिक कार्य मीटरी पद्धति के अनुसार होता है। तकनीकी कार्य अनिवार्य रूप से इसी पद्धति में होगा और व्यापक स्तर पर अभी भी हो रहा है। प्रौद्योगिकी पर आधारित सभ्यता का मीटरी पद्धति के अतिरिक्त, किसी अन्य पद्धति को अपनाना कठिन है। अतः, अन्य स्पष्ट लाभों के अतिरिक्त विकास के इस काल में हमारा यह उत्तरदायित्व हो जाता है कि हम इस समस्या का सामना करें और इसे हल करें। मैं सोचता हूँ कि हमारा प्रारंभिक निर्णय अपनी मुद्रा में तथा मापतोल में मीटरी पद्धति के सिद्धांत को पूर्णतः स्वीकार्य होना चाहिए। यह मुझे काफी सरल लगता है। दूसरा प्रश्न जो अधिक जटिल है इसे तथा इससे संबंधित अन्य ब्यौरों को धीरे-धीरे लागू करना है। इस परिवर्तन को अवश्य ही कई वर्षों तक धीरे-धीरे लागू करना होगा ताकि, वर्तमान परिस्थितियाँ अधिक अस्त-व्यस्त न हो जाएँ।*

*मैं उन लोगों के जो किसी सुस्थापित ढंग से कार्य करने के अभ्यस्त हो चुके हैं, इन परिवर्तनों से संबंधित संदेहों को दूर करने में आने वाली कठिनाइयों से भलीभांति परिचित हूँ। परंतु यह परिवर्तन अब अवश्यंभावी हो गया है। इसके लागू करने में कुछ देरी करना प्रगति में बाधा डालना होगा। अतः हमें परिवर्तन का कुछ न कुछ मूल्य तो अवश्य ही चुकाना है।"*

अप्रैल 1955 में लोक सभा ने यह प्रस्ताव पारित किया, **"इस सदन का यह मत है कि भारत सरकार को सारे देश में मीटरी पद्धति पर आधारित, मापतोल की एकसमान पद्धति प्रारंभ करने के लिए आवश्यक उपाय करने चाहिए।"** अंततः भारत सरकार ने, संसद के एक अधिनियम के द्वारा जिसका नाम "मापतोल अधिनियम 1956" है, जीवन के सभी क्षेत्रों में मीटरी पद्धति लागू कर दी। भारत में मीटरी पद्धति को स्थापित करने में NPL ने अत्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई। 'मापतोल अधिनियम 1956', के साथ–साथ सरकार ने "भारतीय मुद्रा अधिनियम 1956" को पारित कराने के उपाय भी किए जिससे सिक्कों की दशमलव पद्धति लागू की गई। प्रचलित परंपरा के अनुसार एक रुपए के 64 भाग (पैसे) होते थे, नई पद्धति में इसे 100 भागों में बाँटा गया। इससे सिक्कों के प्रचलन में एक बड़ा परिवर्तन आया जो अंतर्राष्ट्रीय पद्धति के अनुरूप था।

## आपने क्या सीखा

- मापन हमारे जीवन का अभिन्न अंग है। साथ ही अत्यंत विकसित मापन पद्धति के बिना आधुनिक विज्ञान व प्रौद्योगिकी की प्रगति संभव नहीं है।
- उचित रूप से किए गए किसी मापन को किसी सुपरिभाषित मात्रक के पदों में किसी संख्यांक द्वारा व्यक्त किया जाता है तथा साथ ही मापन में अनिश्चितता की सीमा भी सुनिश्चित की जाती है।
- विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के विकास के लिए अधिक से अधिक यथार्थ मापन पद्धति की आवश्यकता होती है। मापन में प्रोन्नति केवल विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में हुई आधुनिकतम खोजों के उपयोग से ही हो सकती है।
- मिस्र व कुछ अन्य प्राचीन सभ्यताओं की भाँति, प्राचीन भारत में भी मापन की एक समुन्नत मानक पद्धति प्रचलित थी, जो उस समय की आवश्यकताओं की पूर्ति करती थी।
- आधुनिक अंतर्राष्ट्रीय मापन पद्धति सन् 1875 ई० में मीटर समझौते से अस्तित्व में आई। वर्तमान में इसको "अंतर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति" या SI कहा जाता है।
- SI का मूल आधार सात मूल मात्रकों, द्रव्यमान (किलोग्राम, kg); लंबाई (मीटर, m); समय (सेकंड, s); विद्युत धारा (ऐम्पियर, A); ताप (केल्विन, K); ज्योति तीव्रता (कैंडेला, cd); तथा पदार्थ की मात्रा (मोल, mol); पर आधारित है। अन्य सभी मात्रक इन मात्रकों से व्युत्पन्न किए जाते हैं।
- भारत में नई दिल्ली स्थित राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला (NPL) मूल मात्रकों का प्रापण करती है और मापन के राष्ट्रीय मानकों का अनुरक्षण करती है। हमारे देश में किए गए सभी मापन राष्ट्रीय मानकों से संबद्ध हैं। NPL यह सुनिश्चित करती है कि भारतीय राष्ट्रीय मानक हमारी सभी आवश्यकताओं की पूर्ति करे और ये अंतर्राष्ट्रीय मानकों के तुल्य हों।
- आयनकारी विकिरणों से संबद्ध मानकों का अनुरक्षण भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई द्वारा किया जाता है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. कोई तारा पृथ्वी से 5 प्रकाश वर्ष दूर है। उसकी दूरी का परिकलन किलोमीटर में कीजिए। प्रकाश का वेग $3 \times 10^8$ m/s है।
2. यदि सेकंड की माप में अनिश्चितता $1 \times 10^{-11}$ है, तो कितने वर्षों के पश्चात् घड़ी में 1 सेकंड का संशोधन करना होगा ?
3. यदि हम एक 'अंगुल' को 1.0 cm मानें तो एक 'परमाणु' की लंबाई कितनी होगी ?
4. 4.0 cm, 9.0 cm, व 12.0 cm लंबाई की रेखाएँ खींचिए तथा प्रत्येक लंबाई में प्रतिशत अनिश्चितता ज्ञात कीजिए।
5. इतिहास के विभिन्न कालों में प्रचलित लंबाई के किन्हीं तीन मात्रकों का वर्णन कीजिए। यदि आप उस काल में किसी क्षेत्र के शासक होते तो आपके द्वारा तय किया गया लंबाई का मात्रक मीटर के पदों में कितना होता ?
6. भारतीय राष्ट्रीय मानकों का अनुरक्षण कौन-सा संस्थान करता है ? भारत में समय के मापन की सर्वाधिक यथार्थता कितनी है ?
7. मान लीजिए आपके परिवार को 50 g सोने के आभूषण खरीदने हैं। सोने के द्रव्यमान में प्रतिशत अनिश्चितता का स्तर क्या है ? यदि सोने का मूल्य 5 लाख रुपए प्रति किलोग्राम है, तो इस अनिश्चितता को धन के रूप में व्यक्त कीजिए।
8. ऐसे फलों, सब्जियों और उनके बीजों का अभिनिर्धारण कीजिए, जिनका द्रव्यमान लगभग 0.1 g, 1 g, 10 g, 100 g, 1 kg, और 10 kg हो। इनके नाम व उनके सन्निकट (लगभग) द्रव्यमानों की एक सारणी बनाइए।
9. मान लीजिए, कि पदार्थ के 1 $cm^3$ में $9 \times 10^{24}$ परमाणु हैं। यदि ये सभी परमाणु एक दूसरे को स्पर्श करते हों और पदार्थ का घनत्व 5 g/$cm^3$ हो तो प्रत्येक परमाणु का आकार व द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।

अध्याय

# पदार्थ की प्रकृति
(Nature of Matter)

**ह**मारे आसपास की सभी वस्तुएँ, जैसे – मेज़, कुर्सी, हमारी पेंसिल, पेन, यह पुस्तक भी और प्रकृति की वस्तुएँ, जैसे– पेड़, पौधे, जल, वायु और हमारे आसपास की वस्तुएँ, पत्थर जिस पर हम खड़े होते हैं, भोजन जो हम खाते हैं, **पदार्थ** (matter) हैं। ***पदार्थ वह वस्तु है जिसका द्रव्यमान होता है और जो जगह घेरती है।***

पदार्थ विभिन्न रूपों में व्यक्त होता है जैसा ऊपर बताया गया है। इसलिए यदि आप अपने चारों ओर के विश्व को समझना चाहते हैं तो पदार्थ के बारे में जानना जरूरी है। पदार्थ का सही ज्ञान विश्व के कार्य को समझने में सहायता करता है।

## 2.1 पदार्थों का वर्गीकरण

पदार्थों का वर्गीकरण कई प्रकार से हो सकता है। बहुत पहले भारतीय और यूनानी दार्शनिकों और वैज्ञानिकों ने पदार्थों का विश्लेषण करने का प्रयास किया और पदार्थों को पाँच तत्वों– वायु, पृथ्वी, अग्नि, आकाश और जल के रूप में वर्गीकृत किया। फिर भी आधुनिक विज्ञान में पदार्थ को दो मुख्य प्रकार से वर्गीकृत किया जाता है।

(i) भौतिक अवस्था द्वारा, जैसे– ठोस, द्रव या गैस, और

(ii) रासायनिक संघटन द्वारा, जैसे– तत्व, यौगिक या मिश्रण

आइए इन वर्गीकरण की रूपरेखाओं पर विचार करें।

### 2.1.1 पदार्थों की भौतिक अवस्थाएँ

सामान्यतः पदार्थ का दिया हुआ प्रकार विभिन्न स्थितियों के अंदर विभिन्न भौतिक रूपों में पाया जाता है। उदाहरण के लिए जल बर्फ (ठोस जल) रूप में, द्रव जल रूप में, और भाप (गैसीय जल) रूप में पाया जाता है। किस प्रकार से ये विभिन्न रूप एक दूसरे से भिन्न हैं ? आइए, जल के विशेष उदाहरण पर विचार करें। ठोस की मुख्य पहचान का अभिलाक्षणिक गुणधर्म है उसकी **कठोरता**। दूसरे शब्दों में, ठोसों की प्रवृत्ति उन पर बाहर से बल लगाए जाने पर अपनी आकृति को बनाए रखने की होती है। द्रव और गैसें फिर भी **तरल** हैं, क्योंकि वे आसानी से बह जाती हैं और बाह्य बल की उपस्थिति में अपनी आकृति को बदल लेती हैं।

गैस द्रव से किस प्रकार भिन्न है? यह **संपीड्यता** (Compressibility) के गुणधर्म में भिन्नता दर्शाती है। गैस आसानी से संपीडित हो जाती है जबकि द्रव नहीं। गैस के इस गुणधर्म के कारण, हम टायर में अधिक से अधिक वायु भर सकते हैं जो कि आयतन को थोड़ा-सा बढ़ाती है। वास्तव में, किसी गैस की दी गई मात्रा किसी भी आकार के पात्र को भर सकती है। थोड़ी-सी मात्रा की गैस फैलकर पूरे पात्र को भर देती है। दूसरी तरफ अधिक मात्रा की गैस को संपीडित कर छोटी जगह में भर सकते हैं। हम जानते हैं कि प्राकृतिक गैस को संपीडित करके गाड़ियों के ईंधन के लिए CNG (संपीडित प्राकृतिक गैस) के रूप में उपयोग किया जाता है। द्रवों के संबंध में यह सत्य नहीं है। यदि हम पहले ही जल से भरी एक बंद काँच की बोतल में और अधिक जल को द्रव रूप में भरने का प्रयास करें तो वह फट जाएगी। इन दो मापदण्डों (i) कठोरता एवं (ii) संपीड्यता के आधार पर हम पदार्थ की तीन अवस्थाओं को निम्न प्रकार परिभाषित कर सकते हैं :

**ठोस :** ठोस पूर्णतः असंपीड्य (incompressible) और निश्चित आकार तथा आयतन के होते हैं।

**द्रव :** द्रव अपेक्षाकृत असंपीड्य तरल होते हैं। इसका निश्चित आयतन परन्तु आकार अनिश्चित होता है।

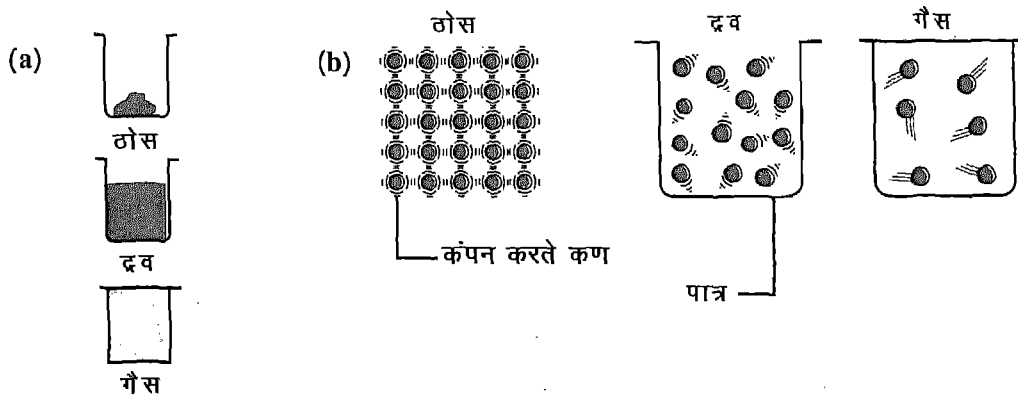
**गैस :** गैस एक अत्यधिक संपीड्य तरल है। दी गई मात्रा की गैस किसी भी आकार और आकृति के पात्र में भर जाएगी।

पदार्थ के ये तीन प्रकार– ठोस, द्रव और गैस **पदार्थ की**

**अवस्थाएँ** कहलाते हैं। ठोस, द्रव और गैस के अभिलाक्षणिक गुणधर्मों को सारणी 2.1 में दिया गया है।

सारणी 2.1 : पदार्थ की अवस्थाओं के अभिलाक्षणिक गुणधर्म।

| *पदार्थ की अवस्थाएँ* | *तरलता या कठोरता* | *संपीड्यता* |
|---|---|---|
| ठोस | कठोर | नगण्य |
| द्रव | तरल | बहुत कम |
| गैस | तरल | अधिक |

अधिक भी मजबूत नहीं होता है कि उनको निश्चित स्थिति में रखे। इसी कारण द्रव में तरलता होती है और निश्चित आकृति नहीं होती है। गैसों में अंतराणुक बल अत्यंत दुर्बल होता है और संघटक कणों की गति स्वतंत्र होती है और ये कण उपलब्ध खाली स्थानों को घेर लेते हैं। क्योंकि गैसीय अवस्था में अणुओं की गति स्वतंत्र होती है, वे पात्र में गति कर सकते हैं, आपस में और पात्र की दीवारों से टकरा सकते हैं। अणुओं की लगातार दीवारों पर टक्करों के परिणामस्वरूप एक निश्चित बल उत्पन्न होता है जिसके फलस्वरूप **गैसों में दाब** उत्पन्न होता है।

*चित्र 2.1 : गैस, द्रव और ठोस (a) पदार्थों की तीनों अवस्थाएँ ऐसी प्रतीत होती हैं (b) आण्विक चित्र।*

पदार्थों की ठोस, द्रव व गैसीय अवस्थाओं को संघटक कणों (अणुओं या परमाणुओं) के बीच में लगने वाले बलों के आधार पर भी समझाया जा सकता है। इन बलों को **अंतराणुक** (intermolecular) बल कहते हैं। ठोसों के संदर्भ में ये बल काफी प्रबल होते हैं जिस कारण कण आपस में प्रबलता से बँधे होते हैं। इसलिए इनकी आकृति निश्चित होती है। ठोसों में कण आपस में अत्यधिक निकट होते हैं और इसलिए इनमें उच्च घनत्व और असंपीड्यता होती है (वास्तव में उच्च दाब के फलस्वरूप आयतन में कम प्रभाव पड़ता है)। ठोसों में कणों के उच्च क्रम में व्यवस्था को **क्रिस्टल जालक** (crystal lattice) कहते हैं जिसके परिणामस्वरूप क्रिस्टलों की एक नियमित ज्यामितीय आकृति होती है (चित्र 2.1)।

द्रवों में अंतराणुक बल इतना अधिक प्रबल होता है कि ढेर में कणों को एकत्रित रखता है। परंतु इतना

### 2.1.2 ताप और दाब का पदार्थ की अवस्थाओं पर प्रभाव

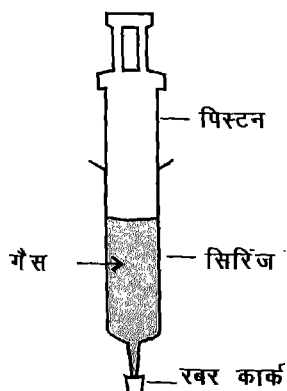
जब किसी ठोस के क्रिस्टल को गर्म किया जाए तो क्या होगा ? प्रारंभ में ठोस फैलेगा क्योंकि कणों की गतिज ऊर्जा में वृद्धि होगी और अणु तेजी से कंपन करेंगे और अधिक स्थान लेंगे। अंततः अणु इतना अधिक कंपन करते हैं कि वे अपनी निश्चित जगहों को छोड़ देते हैं और ठोस पिघलकर द्रव बन जाता है। यह द्रव पात्र में डाला जा सकता है और यह पात्र की आकृति प्राप्त कर लेता है। अब द्रव के कण गति के लिए स्वतन्त्र हैं और कणों द्वारा ग्रहण की हुई ऊष्मीय ऊर्जा उनकी गतिज ऊर्जा को बढ़ा देती है।

जब द्रवों को गर्म किया जाए तो क्या होगा ? द्रव, गैस (वाष्प) में बदल जाएगा। इस प्रक्रम में अणुओं की गतिज ऊर्जा बहुत अधिक बढ़ जाएगी और अणुओं के

बीच की दूरी लगभग 1000 गुना अधिक हो जाएगी।

जैसा कि ऊपर बताया गया है कि यहाँ पात्र में सभी जगह पर अधिक वेग से लगातार अव्यवस्थित रूप से गति करने के लिए प्रत्येक अणु स्वतंत्र है। अब यह समझना आसान है कि गैसों के अणु क्यों बहते या विसरित होते हैं। यदि आप इत्र की शीशी को कमरे के एक कोने में खोलते हैं तो कमरे में सभी जगह सुगंध फैल जाती है। यहाँ इत्र के अणु वायु के दूसरे अणुओं के साथ घुलमिल कर हमारी नाक तक पहुँचते हैं। इस प्रकार एक गैस का दूसरी गैस के साथ **मिश्रित** (mix) होना **विसरण** (diffusion) कहलाता है। इसके अतिरिक्त क्योंकि इन गैसों में अंतराणुक दूरी बहुत अधिक होती है, इनको संपीडित किया जा सकता है। वायु से भरा हुआ एक गुब्बारा लेकर उसे संपीडित करें। आप क्या देखते हैं ? गैसों और द्रवों पर दाब का प्रभाव समझने के लिए निम्नलिखित क्रियाकलाप कीजिए।

**क्रियाकलाप 2.1**

100 mL की एक सिरिंज लो और इसकी सुई (nozzle) को रबर कॉर्क में घुसा कर बंद कर दो, जैसा चित्र 2.2 में दिखाया गया है। पिस्टन को हटा दो और सिरिंज के अंदर वायु को पूर्ण रूप से भरने दो। अब पिस्टन को वापस सावधानीपूर्वक सिरिंज में लगा दो और निश्चित करो कि सिरिंज के किनारों में कोई रिसाव (leakage) तो नहीं है। अच्छा रहेगा यदि सिरिंज में लगाने से पहले आप थोड़ी-सी वैसलीन पिस्टन पर लगा दो। अब वायु को संपीडित करने का प्रयास करो। आप क्या देखते हो ? अब सिरिंज को जल से भरो और इस प्रयोग को पुनः करो। आप जल के साथ किए गए प्रयोग में क्या पाते हो ? आप आसानी से गैसों और द्रवों के व्यवहार में भिन्नता का निरीक्षण कर सकते हैं।

*चित्र 2.2 : गैस अथवा द्रव में संपीड्यता का प्रदर्शन।*

**प्रश्न**

1. निम्नलिखित पदार्थों में आप किसमें प्रबलतम अंतराणुक बल और किसमें दुर्बलतम अंतराणुक बल की अपेक्षा करेंगे :
   जल, ऐल्कोहॉल, चीनी, सोडियम क्लोराइड, कार्बन डाइऑक्साइड
2. गैसों का संपीडन संभव है जबकि द्रवों का नहीं। ऐसा क्यों होता है ?

## 2.2 तत्व, यौगिक और मिश्रण

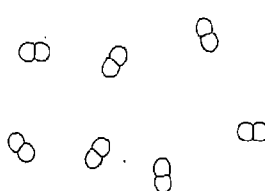
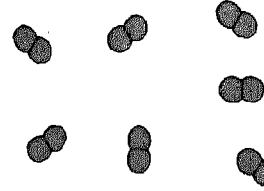
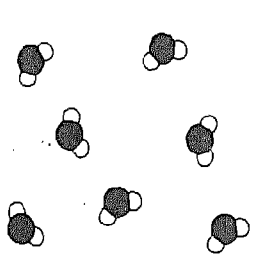
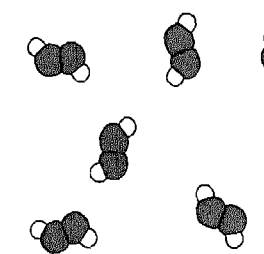
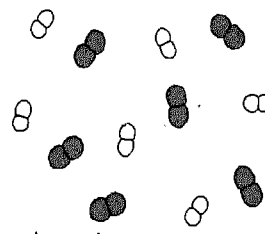
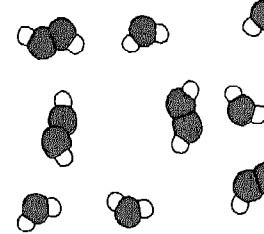
पदार्थ को उसके **रासायनिक संघटनों** के आधार पर वर्गीकृत करने से पहले, आइए हम पुनः भौतिक और रासायनिक परिवर्तनों के बारे में परिचर्चा करें। हमें मूलभूत रूप से भौतिक एवं रासायनिक परिवर्तनों के मध्य अंतर को भलीभाँति समझना चाहिए। **भौतिक परिवर्तनों में पदार्थों के रूप में परिवर्तन होता है न कि रासायनिक रूप में।** भौतिक रूप में परिवर्तन भौतिक परिवर्तनों के उदाहरण हैं। चीनी के विलयन में, चीनी और जल अपनी रासायनिक पहचान बनाए रखते हैं। विलयन में से जल को वाष्पीकृत कर सकते हैं और चीनी को दुबारा प्राप्त कर सकते हैं। दूसरी ओर **रासायनिक परिवर्तन** अथवा रासायनिक अभिक्रिया में, **एक या एक से अधिक प्रकार के पदार्थ एक या अनेक नए पदार्थों में परिवर्तित हो जाते हैं।** जैसा कि आपको ज्ञात है लोहे को वायु (ऑक्सीजन) एवं पानी में छोड़ दें तो संक्षारण (corrosion) होता है और एक नया पदार्थ, आयरन ऑक्साइड (जंग) बनता है। यहाँ हम कहते हैं कि लोहा और वायु में उपस्थित ऑक्सीजन रासायनिक रूप से मिलते हैं और भौतिक तरीकों से अलग नहीं किए जा सकते। इसी प्रकार जब हम मैग्नीशियम के साफ रिबन को जलाते हैं तो हमें सफेद पाउडर मिलता है जो कि मैग्नीशियम ऑक्साइड (MgO) है। मैग्नीशियम ऑक्साइड से दुबारा मैग्नीशियम प्राप्त करने के लिए एक रासायनिक परिवर्तन या कई रासायनिक परिवर्तन करने होंगे।

तत्व, यौगिक तथा मिश्रण को जानने से पहले,

आपको विज्ञान के महत्त्वपूर्ण पद, पदार्थ (substance) या पदार्थों के मिश्रण के बारे में परिचित होना चाहिए। ***पदार्थ एक प्रकार का द्रव्य (matter) है जो किसी भौतिक प्रक्रम द्वारा दूसरे प्रकार के पदार्थों में परिवर्तित नहीं किया जा सकता।*** कृपया ध्यान रहे कि पदार्थ का वैज्ञानिक अर्थ इसके दैनिक जीवन के अर्थ से थोड़ा भिन्न है। विज्ञान की भाषा में पदार्थ द्रव्य का एक शुद्ध रूप है न कि विभिन्न प्रकार के पदार्थों का मिश्रण। हमें ज्ञात है कि विलयित (dissolved) सोडियम क्लोराइड को जल से वाष्पीकरण या आसवन के भौतिक प्रक्रम द्वारा अलग किया जा सकता है। फिर भी सोडियम क्लोराइड अपने आप में एक पदार्थ है और भौतिक प्रक्रमों द्वारा अपने रासायनिक संघटकों में अलग-अलग नहीं किया जा सकता। इसी प्रकार चीनी भी एक पदार्थ है क्योंकि इसमें एक ही प्रकार का शुद्ध द्रव्य है और इसका संघटन सभी जगह और सूक्ष्मदर्शी स्तर (आण्विक) पर भी एक समान रहता है।

वैज्ञानिक रूप में पेय तथा मिट्टी पदार्थ नहीं है। आप देखेंगे कि समान्य पदों के कुछ परिशुद्ध (precise) अर्थ होते हैं जब विज्ञान में उनका उपयोग किया जाता है, पदार्थ का स्रोत कुछ भी हो पर इसके एक समान अभिलाक्षणिक गुणधर्म होते हैं। (कृपया याद रहे, *जब हम पदार्थ के बारे में बात करते हैं तो हम एक 'तत्व' या 'यौगिक' के बारे में बात करते हैं)।*

### 2.2.1 तत्व

एक फ्रांसिसी रसायनशास्त्री औंतवॉ लॉरेन लवाइजिए (Antoine Laurent Lavoisier) (1743-94) ने पहली बार तत्व की प्रयोगात्मक रूप से उपयोगी परिभाषा संस्थापित की। उनके अनुसार, ***तत्व द्रव्य का वह आधारभूत रूप है जिसे रासायनिक अभिक्रियाओं द्वारा सरल पदार्थों में नहीं तोड़ा जा सकता है।*** साधारण नमक से लेकर जटिल प्रोटीनों जैसे विभिन्न प्रकार के पदार्थों के लिए तत्व **रचना खंडों** (building blocks) के रूप में कार्य करते हैं। वास्तव में, ये सभी पदार्थ सीमित प्रकार के तत्वों से मिलकर बने होते हैं। **एक तत्व केवल एक ही प्रकार के परमाणुओं से बना होता है।** हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, आयरन, गोल्ड (सोना), प्लैटिनम इत्यादि, तत्वों के उदाहरण हैं। अब तक 112 से अधिक तत्व ज्ञात हैं। इनमें से 92 तत्व प्रकृति में पाए जाते हैं जबकि शेष तत्व वैज्ञानिकों ने प्रयोगशाला में कृत्रिम रूप से संश्लेषित किए हैं। प्रकृति में पाए जाने वाले तत्वों में से केवल कुछ ही तत्व इस समय हमारे लिए वास्तव में रुचि के हैं।

### 2.2.2 यौगिक

***यौगिक एक पदार्थ है जो रासायनिक रूप से दो या दो से अधिक तत्वों के संयोग से बना है।*** एक शुद्ध यौगिक, चाहे उसका कोई भी स्रोत हो, में हमेशा **तत्वों के द्रव्यमान** (mass) **निश्चित या स्थिर अनुपात** (constant proportion) **में होते हैं।** जल दो तत्वों, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन से मिलकर बना होता है। जल के सभी नमूनों में इन दो तत्वों के द्रव्यमान एक और आठ के अनुपात (1:8) में होते हैं, उदाहरण के लिए 1.0 g हाइड्रोजन 8 g ऑक्सीजन से संयुक्त होती है। इसी प्रकार शुद्ध सोडियम क्लोराइड में द्रव्यमान के अनुपात से 60.66% क्लोरीन होती है चाहें इसे हम नमक की खानों से या समुद्र के जल के क्रिस्टलन से या सोडियम और क्लोरीन तत्वों को मिलाकर संश्लेषण से प्राप्त करें। हम कह सकते हैं कि यौगिक किसी तत्व के दो या दो से अधिक परमाणुओं से मिलकर बनता है। जल और हाइड्रोजन परॉक्साइड का उनके संघटक तत्वों, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन से बनना चित्र 2.3 में दिखाया गया है।

### 2.2.3 मिश्रण

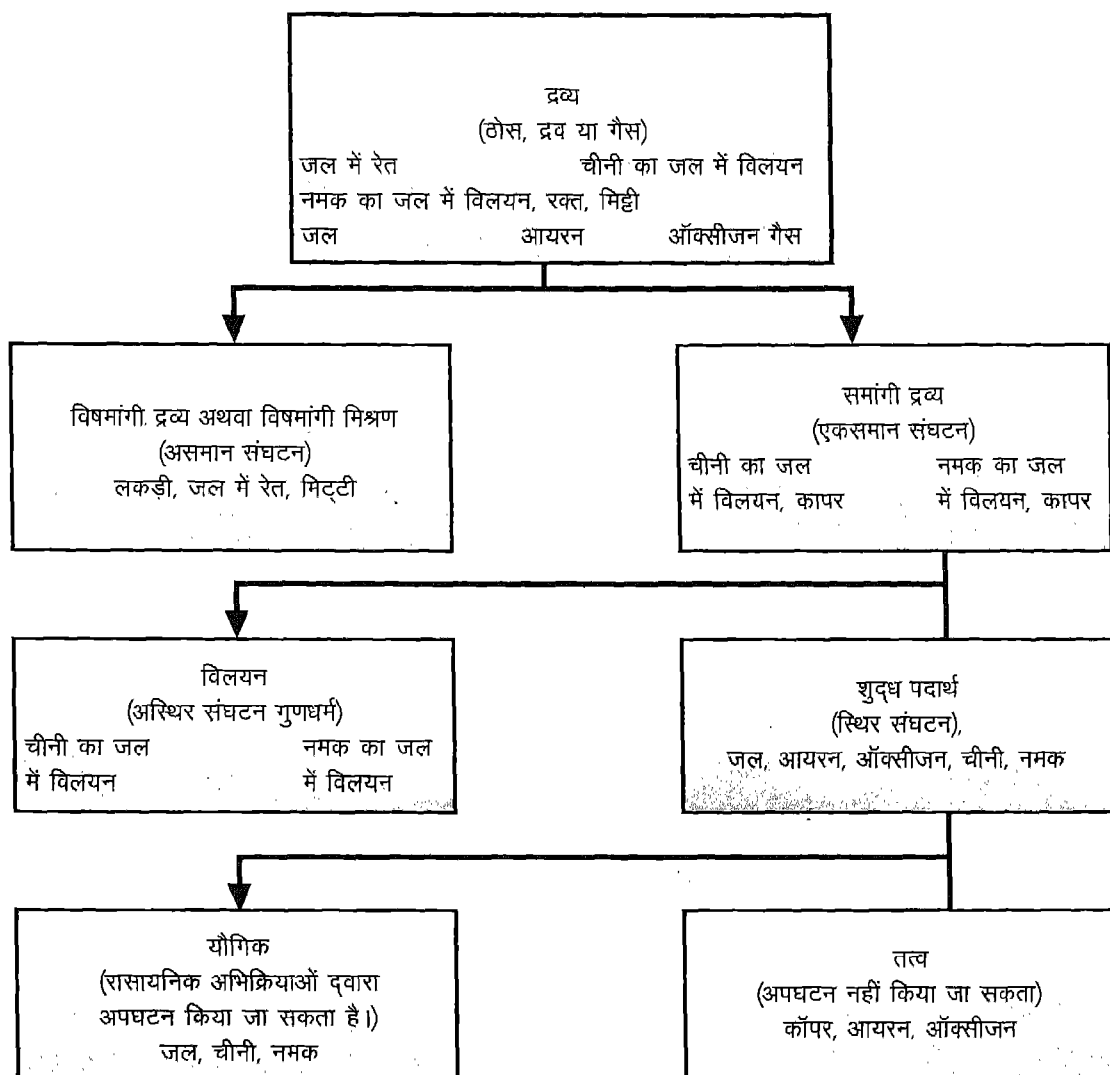
हमारे चारों ओर अधिकतर वस्तुएँ मिश्रण हैं। ***एक मिश्रण में एक से अधिक पदार्थ (तत्व या/और यौगिक) होते हैं। मिश्रण को भौतिक प्रक्रम द्वारा दो या दो से अधिक पदार्थों में पृथक कर सकते हैं।*** मिश्रण का अस्थिर संघटन होता है। जल में सोडियम क्लोराइड का विलयन दो पदार्थों, जल और सोडियम क्लोराइड का मिश्रण होता है। मिश्रणों को दो प्रकार से वर्गीकृत किया गया है (i) **समांगी** (homogeneous) मिश्रण (ii) **विषमांगी** (heterogeneous) **मिश्रण।** ***समांगी मिश्रण को विलयन भी कहते हैं क्योंकि इसमें सभी जगह एक समान संघटन होता है।*** जब हम सोडियम क्लोराइड को घोलते हैं, तो हमें समांगी मिश्रण मिलता है। वायु मुख्यतः दो संघटकों, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन का समांगी मिश्रण (विलयन)

*चित्र 2.3 : तत्व, यौगिक और मिश्रण के उदाहरण।*

है (वायु में और गैसें बहुत कम मात्रा में उपस्थित होती हैं)। यह जानकर आश्चर्य होता है कि प्रकृति में विलयन का इतना बड़ा भंडार है। ये दो मुख्य गैसें भौतिक रूप से मिली होती हैं, परंतु रासायनिक रूप से संयुक्त नहीं होती हैं। एक विलयन के समान गुणधर्म तथा संघटन होते हैं। ***विषमांगी मिश्रण वह मिश्रण है जिसमें भौतिक रूप से अलग-अलग भाग होते हैं तथा प्रत्येक भाग भिन्न गुणधर्मों का होता है।*** उदाहरण के लिए, हमारे पास (i) सोडियम क्लोराइड और लोहे की छीलन (iron fillings), और (ii) नमक और सल्फर के विषमांगी मिश्रण हैं। यहाँ सल्फर के पीले क्रिस्टल और नमक को उनके मिश्रण में अलग-अलग से देखा जा सकता है। तेल और जल का मिश्रण एक विषमांगी मिश्रण है।

हम जानते हैं कि निश्चित अनुपात में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन जुड़कर जल ($H_2O$) तथा हाइड्रोजन परॉक्साइड ($H_2O_2$) बनाते हैं (चित्र 2.3)। यह मिश्रणों के साथ सत्य नहीं है। जब दो या दो से अधिक तत्व अथवा यौगिक किसी भी अनुपात में मिलते हैं तब एक मिश्रण बनता है। जब दो गैसें (हाइड्रोजन और ऑक्सीजन) या दो यौगिकों (जल और हाइड्रोजन परॉक्साइड, $H_2O_2$) को मिलाया जाए, तो हमें मिश्रण प्राप्त होता है।

### क्रियाकलाप 2.2

2 g कॉपर के महीन कण और 1 g सल्फर पाउडर दो अलग-अलग चाइना डिश में लो। सावधानीपूर्वक उनके वर्ण को देखो। अब दोनों तत्वों को प्याली (crucible) में डालकर अच्छी प्रकार से मिला दो और फिर उनके वर्ण को देखो। क्या तुम इन तत्वों के कणों को पहचान सकते हो ? कॉपर के लाल जैसे वर्ण के कण तथा पीला सल्फर आसानी से देखा जा सकता है। अब इस मिश्रण को बर्नर पर शुरू में धीमे तथा बाद में तेज गर्म करो।

*चित्र 2.4 : द्रव्य का वर्गीकरण*

तुम्हें क्या-क्या परिवर्तन दिखते हैं ? इस रासायनिक परिवर्तन के फलस्वरूप भूरे रंग का कठोर पदार्थ (यौगिक) बनता है। कॉपर और सल्फर मिलकर कॉपर सल्फाइड बनाते हैं, एक पदार्थ जिसके दोनों भौतिक और रासायनिक गुणधर्म अपने संघटक तत्वों, कॉपर और सल्फर, से भिन्न हैं। कॉपर सल्फाइड में से विद्युत प्रवाहित नहीं होती जबकि कॉपर विद्युत का एक अच्छा चालक (conductor) है। कॉपर सल्फाइड का घनत्व कॉपर और सल्फर से बिल्कुल ही भिन्न है।

संघटन और पृथक्करण के प्रक्रम के आधार पर द्रव्य का वर्गीकरण संक्षेप में चित्र 2.4 में दिया गया है।

**प्रश्न**

निम्नलिखित को तत्व, यौगिक और मिश्रण में वर्गीकृत कीजिए: कोयला, मेथैन, कार्बन डाइऑक्साइड, चीनी का विलयन, ग्रेनाइट, ऐलुमिनियम, ग्रेफाइट, हाइड्रोजन परॉक्साइड, रक्त, मिट्टी और चीनी।

## 2.3 विलयन, निलंबन और कोलॉइड

### 2.3.1 विलयन

जैसे भाग 2.2 में चर्चा की गई है, विलयन एक समांगी मिश्रण होता है जिसमें दो या दो से अधिक पदार्थ होते हैं। आप अपने दैनिक जीवन में विभिन्न प्रकार के विलयन के संपर्क में आते हैं।

आप पानी में चीनी घोलकर **शर्बत** तैयार करते हो तथा एथिल एल्कोहॉल में आयोडीन मिलाकर **टिंक्चर आयोडीन** बनाते हो। सामान्यतः हम द्रव को ही विलयन समझते हैं जिसमें कुछ पदार्थ चाहे ठोस या द्रव या गैस घुले हों। कुछ ठोस, दूसरे ठोस में मिलकर भी विलयन निर्मित करते हैं। उदाहणार्थ, सोने और चाँदी तथा कॉपर और सोने का मिश्रण इस प्रकार के विलयन हैं। अन्य कई सामान्य मिश्र धातुएँ (alloys) भी कुछ इस प्रकार के उदाहरण हैं। सोने के आभूषणों में, कॉपर या चाँदी मिलाई जाती है। ऐसे ठोस के विलयन में संघटन सभी जगह एक समान होते हैं। वास्तव में ***दो या अधिक पदार्थों (द्रव, ठोस या गैस) का समांगी मिश्रण विलयन होता है।*** हम साधारणतः मुख्य अवयव (जो भाग अधिक मात्रा में हो) को **विलायक** (solvent) एवं कम मात्रा में उपस्थित भाग को **विलेय** (solute) कहते हैं। विलयनों में सूक्ष्म स्तर पर समांगता होती है। चीनी के विलयन में चीनी और जल के अणु एक समान रूप से आपस में इतने मिल जाते हैं कि अगर हम विलयन के किसी भाग से 1mL विलयन बाहर निकालें तो वह एक जैसा मीठा और सांद्रित होगा। दूसरे शब्दों में, इसके प्रति इकाई आयतन में समान संख्या में चीनी और पानी के अणु विद्यमान होंगे।

**विलयन तैयार करने के लाभ** : जैसा कि ऊपर बताया गया है, विलेय और विलायक विलयन में अणुओं या आयनों के रूप में विद्यमान होते हैं। जब दो क्रियाशील ठोस पदार्थों को आपस में मिलाते हैं तब अभिक्रिया अत्यधिक धीमी होती है और कभी दिखाई भी नहीं देती है। परंतु जब उनके विलयनों को मिलाया जाता है तो अभिक्रिया बहुत तीव्र होती है। यह आण्विक स्तर पर दोनों क्रियाशील पदार्थों को घनिष्ठता से मिलाने के कारण होता है। इसका उद्योगों में, दवाइयों में और प्रयोगशाला में भी बहुत लाभ है। कई दवाइयों को उपयुक्त अजलीय विलायकों (अर्थात् ऐल्कोहॉल) में घोला जाता है और मरीजों को दिया जाता है। निर्जलीकरण (dehydration) से पीड़ित व्यक्ति को लवणीय (saline) ग्लूकोज़ विलयन (जो विभिन्न लवणों और ग्लूकोज़ का पानी में समांगी मिश्रण है) दिया जाता है।

### 2.3.2 विलयन की सांद्रता

जल एक अच्छा विलायक है क्योंकि इसमें विभिन्न प्रकार के पदार्थ घुल जाते हैं। इसी कारण से हम कहते हैं कि ***जल एक सार्वत्रिक विलायक*** (universal solvent) ***है।*** जल के इस विशिष्ट गुण के कारण पौधे मृदा से लवण प्राप्त करते हैं। परंतु जल के इस व्यवहार के कारण यह सरलता से संदूषित (contaminate) हो जाता है और इसे शुद्ध करना कठिन होता है। इस प्रकार से जल विज्ञान के लिए एक चुनौतीपूर्ण समस्या बन गया है। समुद्री जल जो पीने योग्य नहीं है, जल की इस विशिष्ट विलेयता का परिणाम है। पृथ्वी पर सबसे बड़े द्रवीय विलयन हम महासागरों के रूप में पाते हैं। पृथ्वी की सतह पर कुल जल लगभग $1.4 \times 10^{12}$ kg है। प्रत्येक निवासी के लिए इतना जल जो मात्रा में लगभग 300.000 टन है, प्यासे जगत के लिए पीने के पानी की आपूर्ति की आवश्यकता से बहुत अधिक है। फिर भी समुद्री जल को उसमें घुले हुए लवणों की अधिक सांद्रता के कारण उपयोग में नहीं लाया जा सकता है। विलयनों की सांद्रता को दिए हुए विलयन के द्रव्यमान या आयतन में उपस्थित विलेय की मात्रा अथवा दिए हुए विलायक के द्रव्यमान या आयतन में घुले विलेय की मात्रा के संदर्भ में व्यक्त करते हैं।

विलयनों की सांद्रता को विलेय के द्रव्यमान प्रतिशत जो विलयन की 100 द्रव्यमान इकाई में विलेय का द्रव्यमान देता है, के रूप में भी व्यक्त किया जा सकता है। इसकी द्रव्यमान इकाई ग्राम है।

$$\% \text{ विलेय} = \frac{\text{विलेय का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100\,\%$$

उदाहरण के लिए यदि द्रव्यमान से 10% ग्लूकोज़ ($C_6H_{12}O_6$) के एक विलयन को लें। इसमें 100 g विलयन में 10 g ग्लूकोज़ होता है। इसको 90 g जल में 10 g ग्लूकोज़ के रूप में भी कह सकते हैं। अगर कुछ विशिष्ट रूप में नहीं कहा गया है तो प्रतिशत का अर्थ द्रव्यमान के रूप में प्रतिशत है और उसमें जल विलायक है।

दिए हुए ताप पर किसी विलयन में जब उसकी क्षमता के अनुसार जितना अधिकतम विलेय घुल सकता है, घुल जाता है तब उसे **संतृप्त विलयन** (saturated solution) कहते हैं। संतृप्त विलयन में, घुले और बिना घुले विलेय आपस में ***साम्यावस्था*** (equilibrium) में होते हैं। जब विलयन में उपस्थित विलेय की मात्रा संतृप्त

स्तर से कम होती है, विलयन को ***असंतृप्त*** कहते हैं। यदि विलयन में विलेय की सांद्रता संतृप्त सांद्रता से अधिक हो तो यह ***अतिसंतृप्त*** कहलाता (supersaturated) है।

### 2.3.3 निलंबन

आपने देखा कि विलयन ठोस, द्रव या गैसीय विलेयों के उपयुक्त विलायकों से घुले समांगी मिश्रण हैं। सामान्य अनुभव भी कई विषमांगी निकायों के ऐसे उदाहरण दर्शाता है जिनमें ठोस का परिक्षेपण (dispersion) द्रवों में होता है। उदाहरण के लिए जल में परिक्षेपित कम घुलनशील बेरियम सल्फेट ($BaSO_4$) एक अपारदर्शी (opaque) माध्यम है। यह नैदानिक (diagnostic) X-किरणों के लिए उपयोगी होता है। ***छोटे आकार के कणों के पदार्थ जो विलायक में अघुलनशील परन्तु नग्न आँखों से दृश्य होते हैं, निलंबन (suspension) देते हैं।*** उदाहरण के लिए, मोटे चूने के पत्थर को जल में मिलाने पर निलंबन बनता है।

### 2.3.4 कोलॉइड

हमने अभी–अभी चर्चा की कि चीनी या नमक का विलयन जो मिश्रण है, में क्रमशः अणु और आयन उसके अवयव कण होते हैं। वे (अणु और आयन) विलयन में एक समान रूप से सारे में फैल जाते हैं और इसमें पूर्ण समांगता होती है। यहाँ एक और मिश्रण का वर्ग है जिसमें आपेक्षाकृत बड़े कण जिन्हें ***परिक्षिप्त प्रावस्था*** *(dispersed phase)* कहते हैं, विलायक की तरह के माध्यम हैं। जिन्हें ***सतत् प्रावस्था*** *(continuous phase)* या ***परिक्षेपण माध्यम*** *(dispersion medium)* कहते हैं, में सभी जगह वितरित होते हैं। यहाँ एक कण कई परमाणुओं या अणुओं या आयनों के समूह से बना है। इन कणों को ***कोलॉइडी कण*** और मिश्रण को ***कोलॉइड*** कहते हैं। इन कणों का आकार प्राकृतिक रूप से अकेले अणु या आयनों के आकार से बहुत बड़ा होता है। कोलॉइड में परिक्षिप्त प्रावस्था (dispersed phase) **कण एक अकेले छोटे अणु से आकार में 10 से 1000 गुना बड़े हो सकते हैं। तब भी ये कोलॉइडी कण नग्न आँखों से नहीं देखे जा सकते।** ये कोलॉइडी कण इतने बड़े (व्यास में लगभग $1000 \times 10^{-9}$m या 1µ) होते हैं कि वे परिक्षेपी माध्यम से गुजरने वाले दृश्य प्रकाश का **प्रकीर्णन** (scattering) कर देते हैं। इस परिघटना को **टिंडल प्रभाव** (Tyndall effect) (चित्र 2.5) कहते हैं। जब एक प्रकाश की संकीर्ण **किरण** पुंज छत के एक छोटे छिद्र से कमरे में आती है, तब भी यह प्रभाव देखा जा सकता है। यह कमरे की वायु में धूल और धुएँ द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन (scattering of light) के कारण होता है। जब प्रकाश की किरणें घने जंगल में से गुजरती हैं तब भी यह देखा जा सकता है।

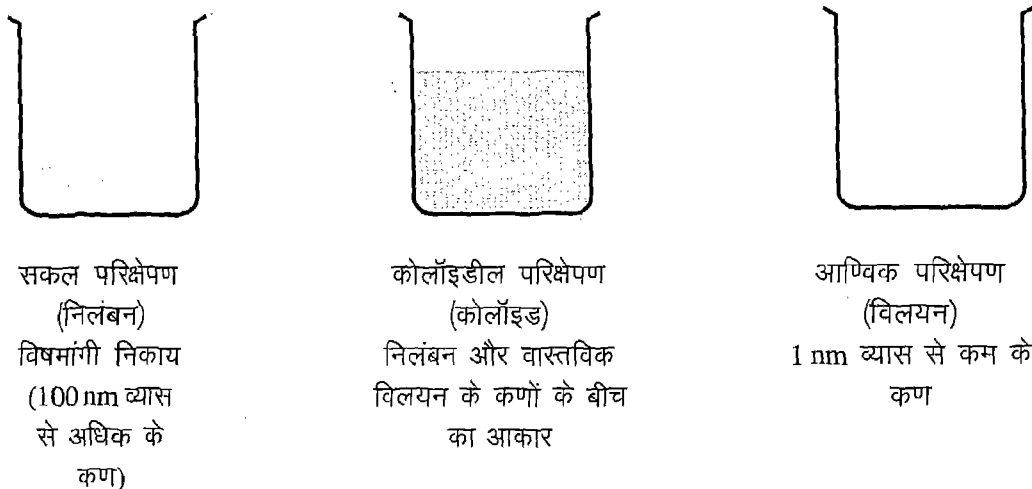
*चित्र 2.5 : टिंडल प्रभाव। प्रकाश की किरण-पुंज जो जंगल के पेड़ों से गुजर कर आती दिखती है। (कोलॉइडी कण, जो वायुमंडल में धुएँ और कोहरे के रूप में विद्यमान हैं, प्रकाश का प्रकीर्णन करते हैं।)*

एक सामान्य कोलॉइड, कोहरा, वायु (परिक्षेपी प्रावस्था माध्यम जो अपने आप में एक विलयन है) में जल की बूँदों (परिक्षिप्त प्रावस्था) से बना होता है।

कोलॉइडों को परिक्षेपी माध्यम की अवस्था (ठोस, द्रव या गैस) और परिक्षिप्त प्रावस्था की अवस्था के अनुसार वर्गीकृत करते हैं। कुछ सामान्य उदाहरण सारणी 2.2 में दिए गए हैं। इस सारणी में आप देख सकते हैं कि दैनिक जीवन में कोलॉइड बहुत सामान्य हैं और साथ ही बहुत उपयोगी भी। कोलॉइडों के विशिष्ट गुणों के कारण ये प्राकृतिक परिघटनाओं, औषधि बनाने और औद्योगिक प्रक्रमों को समझने में महत्त्वपूर्ण हैं। कई दवाइयाँ जो जल में अघुलनशील हैं, कोलॉइडों के रूप में दी जाती हैं।

सारणी 2.2 : कोलॉइडों के कुछ सामान्य उदाहरण।

| परिक्षिप्त प्रावस्था | परिक्षेपी माध्यम | प्रकार | उदाहरण |
|---|---|---|---|
| द्रव | गैस | ऐरोसॉल | कोहरा, बादल |
| ठोस | गैस | ऐरोसॉल | धुआँ, ऑटोमोबाइल निकास |
| गैस | द्रव | फोम | शेविंग क्रीम |
| द्रव | द्रव | इमल्शन | दूध, फेस क्रीम |
| ठोस | द्रव | सॉल | कीचड़, मिल्क ऑफ मैग्नेशिया |
| गैस | ठोस | फोम | फोम रबर, स्पंज, प्युमिस |
| द्रव | ठोस | जेल | जेली, पनीर, मक्खन |
| ठोस | ठोस | सॉल | कुछ रंगीन रत्न पत्थर |

विलयन, निलंबन और कोलॉइडों में भिन्नता समझने के लिए चित्र 2.6 पर परिचर्चा करते हैं।

*चित्र 2.6 : कणों के आकार के आधार पर निलंबन, कोलॉइड और वास्तविक विलयनों की पहचान की जा सकती है।*

अब तक हम संघटन/अवयव के आधार पर पदार्थ और उसके तत्व, यौगिक और मिश्रण में वर्गीकरण पर विचार कर चुके हैं। हम अपनी नग्न आँखों की दृश्यता के संदर्भ में संघटक कणों के आकार के आधार पर पदार्थ के विलयन, निलंबन और कोलॉइड में वर्गीकरण पर भी परिचर्चा कर चुके हैं। निम्नलिखित भाग में हम परमाणुओं और अणुओं की परिचर्चा करेंगे जो मूलभूत रूप से पदार्थ के संघटक हैं और इस पर भी विचार करेंगे कि वे किस प्रकार संयोग कर यौगिक बनाते हैं। हम उन मूलभूत सिद्धांतों पर भी परिचर्चा करेंगे जो इन संयोजनों को नियंत्रित करते हैं।

**प्रश्न**

1. प्रत्येक का एक-एक उदाहरण दो
   (i) ऐरोसॉल और सॉल
   (ii) विलयन
2. निम्नलिखित में से कौन-सा टिंडल प्रभाव दर्शाता है ? नमक का विलयन, दूध, कॉपर सल्फेट का विलयन

## 2.4 स्थिर अनुपात का नियम

दो महत्त्वपूर्ण नियमों को स्थापित कर वैज्ञानिक आंतवॉं **लॉरेन लवोइजिए** (Antoine L. Lavoisier) ने

रसायन विज्ञान को आधार प्रदान किया। आइए इसके पहले नियम पर विचार करें जो द्रव्यमान के संरक्षण के नियम से जाना जाता है, इसको इस तरह व्यक्त किया जाता है– ***रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान का न सृजन होता है और न विनाश।*** लवोइजिए के कार्य ने सावधानीपूर्वक मापन, विशेष रूप से द्रव्यमान मापन की महत्ता का स्पष्ट रूप से निर्देशन किया। इन मापनों और अनुसंधानों से एक और महत्त्वपूर्ण नियम का उद्‌गम हुआ जैसे, **निश्चित अनुपात का नियम** (इसे स्थिर अनुपात का नियम या निश्चित संघटन का नियम भी कहते हैं)। इसके अनुसार, ***शुद्ध रासायनिक पदार्थ में तत्व हमेशा द्रव्यमान के निश्चित अनुपात में विद्‌यमान होते हैं।*** उदाहरण के लिए, पदार्थ जल में हाइड्रोजन के द्रव्यमान और ऑक्सीजन के द्रव्यमान का अनुपात हमेशा 1: 8 होता है चाहे जल का स्रोत कुछ भी हो। इस प्रकार यदि 9.0 g जल का अपघटन करें तो 1.0 g हाइड्रोजन और 8.0 g ऑक्सीजन सदैव प्राप्त होगी। इसके अतिरिक्त यदि 3.0 g हाइड्रोजन को 8.0 g ऑक्सीजन के साथ मिलाकर मिश्रण को सुलगाते हैं, तो 9.0 g जल बनता है और 2.0 g हाइड्रोजन बिना किसी अभिक्रिया के शेष बचती है। इस प्रकार बने जल में, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के द्रव्यमान का अनुपात हमेशा 1:8 रहता है।

इसी प्रकार से अमोनिया ($NH_3$) में, नाइट्रोजन और हाइड्रोजन द्रव्यमान के अनुसार सदैव 14:3 के अनुपात में विद्‌यमान रहते हैं।

## 2.5 परमाणु और द्रव्य का परमाणु सिद्‌धांत

पदार्थ की विभाज्यता की धारणा के बारे में विश्व के अनेक देशों (भारत सहित) में बहुत पहले विचार किया गया था। भारतीय दार्शनिक महर्षि कनाड (Maharshi Kanad) ने प्रतिपादित किया था कि यदि हम द्रव्य (matter) को विभाजित करते जाएँ तो हमें छोटे और छोटे कण प्राप्त होंगे, और एक सीमा ऐसी आएगी जब हमें सूक्ष्मतम कण मिलेगा जिसका आगे और विभाजन करना असंभव होगा। उन्होंने इन कणों को ***परमाणु (Parmanu)*** कहा। यह कार्य भारत में लगभग 500 ईसा पूर्व में हुआ था। 500 से 400 वर्ष ईसा पूर्व के आसपास, ग्रीक दार्शनिक लियापस (Leuappus) और डेमोक्रिटस (Democritus) की भी ऐसी ही धारणा थी। उन्होंने प्रतिपादित किया कि यदि हम पदार्थ को विभाजित करते जाएँगे तो एक ऐसी अवस्था आएगी जब प्राप्त कणों को पुनः विभाजित नहीं किया जा सकता। ये सभी दार्शनिक विचारों पर आधारित थे। कुछ अधिक प्रयोगात्मक कार्य नहीं हुए थे, जब तक कि लवोइजिए (Lavoisier) ने सन् 1789 ईस्वी में ये नियम दिए–***द्रव्यमान के संरक्षण का नियम और स्थिर अनुपात का नियम।*** आंग्ल (British) रसायनज्ञ और मूलरूप से अध्यापक, जॉन डाल्टन (वर्ष 1766-1844 ईस्वी) ने पदार्थ की प्रकृति के बारे में आधारभूत यह सिद्‌धांत दिया : ***सभी पदार्थ चाहें तत्व, यौगिक या मिश्रण हों सूक्ष्म कणों से बने होते हैं जिन्हें परमाणु कहते हैं।*** डाल्टन द्‌वारा प्रतिपादित सिद्‌धांत की विवेचना निम्न प्रकार कर सकते हैं :

1. तत्व अति सूक्ष्म अविभाज्य कणों से मिलकर बनता है, जिन्हें परमाणु कहते हैं।

2. दिए गए तत्व के सभी परमाणु द्रव्यमान और गुणधर्म दोनों में समान होते हैं। विभिन्न तत्वों के परमाणुओं के विभिन्न द्रव्यमान और गुणधर्म होते हैं।

3. किसी तत्व के परमाणुओं का सृजन, विनाश या दूसरे तत्व के परमाणुओं में रूपांतरण नहीं हो सकता है।

4. जब विभिन्न तत्वों के परमाणु आपस में छोटी पूर्ण संख्या अनुपात में संयोग करते हैं तो यौगिक बनते हैं।

5. दिए गए यौगिक में परमाणुओं की आपेक्षिक संख्या और प्रकार निश्चित रहते हैं।

संक्षेप में, परमाणु, किसी तत्व का सूक्ष्मतम कण है जो सभी रासायनिक और भौतिक परिवर्तनों में अपनी रासायनिक पहचान बनाए रखता है। एक तत्व के परमाणु दूसरे तत्व के परमाणुओं से अलग होते हैं। आज हम जानते हैं कि वास्तव में परमाणु अविभाज्य नहीं है वह स्वयं कणों से मिलकर बना है (प्रोटॉन, न्यूट्रॉन, इलेक्ट्रॉन, इत्यादि)। फिर भी डाल्टन का सिद्‌धांत उस समय के नियमों को समझा पाया और कुछ नियमों की भविष्यवाणी

भी की जिनकी तब तक खोज नहीं हुई थी। इसने गुणात्मक (multiple) अनुपात के नियम की भी भविष्यवाणी की जो आप बाद में उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

आधुनिक प्रौद्योगिकी ने परमाणुओं के फोटोग्राफ लेना संभव बनाया। स्कैनिंग टनैलिंग सूक्ष्मदर्शी (scanning tunneling microscope STM) बहुत परिष्कृत (sophisticated) उपकरण है। ये तत्वों की सतहों के प्रतिबिंब उत्पन्न कर सकते हैं जिससे अलग-अलग परमाणु दिखते हैं (चित्र 2.7)।

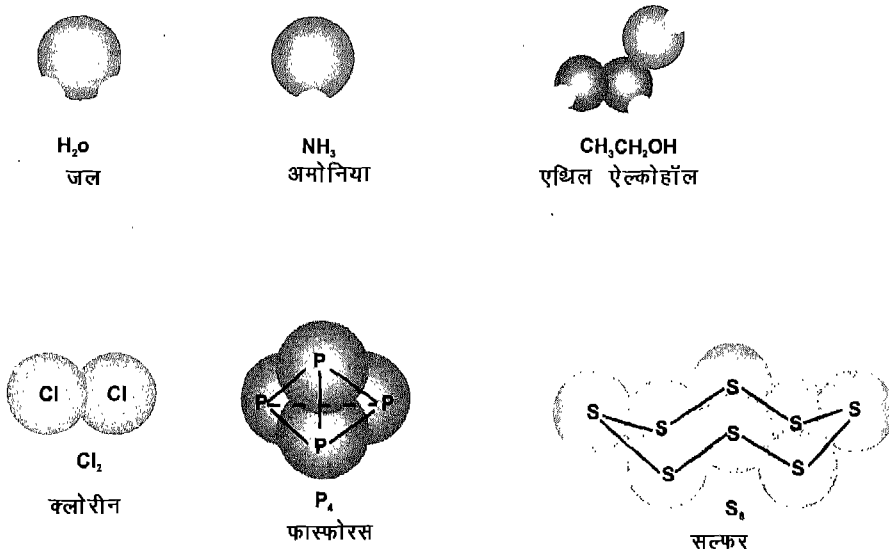
*चित्र 2.7 : स्कैनिंग टनैलिंग सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनाया गया सिलिकन की सतह का प्रतिबिंब। सिलिकन परमाणु (नीले रंग में दिखाया गया) नियमित बनावट में व्यवस्थित किए गए हैं।*

### 2.5.1 अणु

अणु एक निश्चित परमाणुओं का समूह है जो आपस में रासायनिक रूप से आबंधित होते हैं अर्थात् आकर्षण बलों द्वारा दृढ़ता से जुड़े होते हैं (अध्याय 5)। इस प्रकार, ***अणु किसी तत्व या यौगिक का वह सूक्ष्मतम कण है जिसका सामान्य अवस्था में अकेला या स्वतंत्र अस्तित्व होता है और वह इस पदार्थ (तत्व या यौगिक) के सभी गुणों को दर्शाता है।***

एक अणु एक, दो या अधिक परमाणुओं से मिलकर बना हो सकता है। इसके अनुसार ये एकपरमाण्विक, द्विपरमाण्विक, त्रिपरमाण्विक, चतुर्परमाण्विक इत्यादि हो सकते हैं। उदाहारण के लिए, Ar या He (एकपरमाण्विक), $H_2$, $N_2$, HCl (द्विपरमाण्विक), $H_2O$, $CO_2$ (त्रिपरमाण्विक), $NH_3$, $P_4$ (चतुर्परमाण्विक), इत्यादि। साधारणतया जिस अणु में चार से अधिक परमाणु होते हैं, वह बहुपरमाण्विक कहलाता है जैसे $S_8$, $C_2H_5OH$ (एथिल ऐल्कोहॉल)। ***एक पदार्थ का अणु सूत्र हमें बताता है कि प्रत्येक प्रकार के कितने परमाणु उसके एक अणु में विद्यमान हैं।*** उनमें से कुछ आप पिछली कक्षाओं में पढ़ चुके हैं। उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन परॉक्साइड में दो हाइड्रोजन के परमाणु और दो ऑक्सीजन के परमाणु हैं और इसका अणु सूत्र $H_2O_2$ है। अणु में साधारणतः परमाणुओं का आपस में *बेतरतीब* (randomly) ढेर नहीं होता है। बल्कि परमाणु निश्चित तरीके से रासायनिक रूप से आबंधित होते हैं। ***संरचना सूत्र एक रासायनिक सूत्र है जो दर्शाता है कि अणु में परमाणु एक दूसरे से किस प्रकार आबंधित हैं।*** उदाहरण के लिए, जल को H-O-H में प्रदर्शित करते हैं। अणु में परमाणु केवल निश्चित ढंग से ही नहीं जुड़े होते हैं बल्कि निश्चित त्रिविमीय व्यवस्था (spatial arrangement) को भी दर्शाते हैं। तत्वों और यौगिकों के कई गुणधर्म, पदार्थ में विद्यमान परमाणुओं और अणुओं की व्यवस्था पर आधारित होते हैं। इस कारण से इन परमाणुओं और अणुओं को प्रदर्शित करने के लिए विभिन्न प्रकार के मॉडल उपयोग में लाते हैं। अणुओं की आकृति और आकार को स्पष्ट रूप से देखने के लिए हम प्रायः आण्विक मॉडल की रचना करते हैं। चित्र 2.8 में कुछ सरल यौगिकों के आण्विक मॉडल दिखाए गए हैं।

कुछ तत्व आण्विक पदार्थ होते हैं और अणु सूत्र द्वारा निरूपित किए जाते हैं। क्लोरीन एक आण्विक पदार्थ है और इसका सूत्र $Cl_2$ है। सल्फर का एक अणु आठ परमाणुओं से बना होता है, इसका अणु सूत्र $S_8$ है।

हीलियम और निऑन अकेले परमाणुओं से बने होते हैं, उनके सूत्र क्रमशः He और Ne हैं। दूसरे तत्व, जैसे कि कार्बन (ग्रेफाइट और डायमंड के रूप में) का सरल अणु सूत्र नहीं होता है बल्कि बहुत बड़े और असीमित संख्या में आपस में आबंधित परमाणुओं से बना होता है। इन तत्वों को उनके परमाणु संकेत से निरूपित करते हैं। हाल में खोज की गई कार्बन की अवस्था, **बकमिंसटरफुलरिन** (Buck minsterfullerene) का अणु सूत्र $C_{60}$ है। इसके बारे में विस्तार से आप अगली कक्षाओं में पढ़ेंगे।

*चित्र 2.8 : कुछ साधारण अणुओं की आकृतियाँ। संरचना सूत्र और त्रिविमीय व्यवस्था।*

**प्रश्न**

निम्नलिखित को कैसे परिभाषित करोगे ?

(क) परमाणु, अणु, अणुसूत्र

(ख) निम्नलिखित में कौन-सा चतुर्परमाण्विक और कौन-सा पंचपरमाण्विक अणु है ?

$CH_3OH$, $CH_4$, $H_2O_2$, $PCl_5$

## 2.6 परमाणु और अणु द्रव्यमान

डाल्टन के परमाणु सिद्धांत की प्रस्तावित विलक्षण संकल्पना (concept) परमाणु द्रव्यमान थी। प्रत्येक परमाणु का विशिष्ट परमाणु द्रव्यमान होता है। इस सिद्धांत ने स्थिर अनुपात के नियम की व्याख्या इतनी अच्छी प्रकार की कि वैज्ञानिक एक परमाणु के द्रव्यमान को मापने के लिए प्रोत्साहित हो गए। आकार में बहुत छोटे एक अकेले परमाणु का द्रव्यमान मापना वास्तव में एक बहुत कठिन कार्य था। फिर भी, वैज्ञानिकों को कुछ आपेक्षिक परमाणु द्रव्यमानों को माप पाने की आशा थी। ध्यान रहे कि 'परमाणु भार' के ऐतिहासिक महत्त्व को देखकर परमाणु द्रव्यमान और परमाणु भार पदों को फेरबदल कर उपयोग में लाया जाता है। वास्तव में इसका मापन रासायनिक संयोजन तथा विभिन्न यौगिकों के बनने के आधार पर किया गया। माना कि 3.0 g कार्बन तथा 4.0 g ऑक्सीजन के संयोजन से कार्बन व ऑक्सीजन का एक यौगिक बनता है। दूसरे शब्दों में, इस यौगिक (CO) के बनने में कार्बन की अपेक्षा ऑक्सीजन ने 4/3 गुना द्रव्यमान का योगदान दिया है। यदि पदार्थ कार्बन व ऑक्सीजन के एक-एक परमाणु से मिलकर बने अणुओं से बना है तब ऑक्सीजन के एक परमाणु का भार कार्बन परमाणु की तुलना में 4/3 गुना अधिक होना चाहिए।

यदि हम परमाणु द्रव्यमान इकाई *(amu) कार्बन के एक परमाणु के द्रव्यमान के बराबर मान लें, तब हम कार्बन का परमाणु द्रव्यमान 1.0 amu और ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान 1.33 amu निर्धारित करें। फिर भी, इन संख्याओं का पूर्ण संख्या या लगभग पूर्ण संख्या के रूप में होना अधिक सुविधाजनक है। समय गुजरने के साथ वैज्ञानिकों ने विभिन्न परमाणु द्रव्यमान इकाइयों के बारे में विचार किया। विभिन्न परमाणु द्रव्यमान इकाइयों की खोज करते हुए वैज्ञानिकों ने विशेष रूप से आरंभ में प्राकृतिक रूप से पाई जाने वाली ऑक्सीजन के एक परमाणु के द्रव्यमान का 1/16 वाँ भाग लिया। इसे दो कारणों से सोच-विचार कर संबद्ध किया गया था :

(i) ऑक्सीजन अधिक संख्या में तत्वों से क्रिया करती है और यौगिक बनाती है, और

(ii) यह परमाणु द्रव्यमान इकाई तत्वों के द्रव्यमान को पूर्ण संख्या रूप में देती है। फिर भी, ऑक्सीजन के सभी परमाणुओं का बिल्कुल एक समान द्रव्यमान नहीं होता है (बाद में प्राकृतिक रूप से पाई जाने वाली ऑक्सीजन में कुछ विभिन्न द्रव्यमानों के परमाणुओं का मिश्रण पाया गया)।

सारणी 2.3 : कुछ समान्य तत्वों के परमाणु द्रव्यमान

| *तत्व* | *प्रतीक* | *द्रव्यमान** | *तत्व* | *प्रतीक* | *द्रव्यमान** |
|---|---|---|---|---|---|
| ऐलुमिनियम | Al | 27.0 | मैग्नीशियम | Mg | 24.3 |
| ऑर्गन | Ar | 39.9 | मैंगनीज | Mn | 54.9 |
| आर्सेनिक | As | 74.9 | मर्करी | Hg | 200.6 |
| बेरियम | Ba | 137.3 | निऑन | Ne | 20.1 |
| बोरॉन | B | 10.8 | निकैल | Ni | 58.7 |
| ब्रोमीन | Br | 79.9 | नाइट्रोजन | N | 14.0 |
| कैल्सियम | Ca | 40.1 | ऑक्सीजन | O | 16.0 |
| कार्बन | C | 12.0 | फॉस्फोरस | P | 31.0 |
| क्लोरीन | Cl | 35.5 | प्लैटिनम | Pt | 195.1 |
| क्रोमियम | Cr | 52.9 | पोटैशियम | K | 39.1 |
| कोबाल्ट | Co | 58.9 | रेडॉन** | Rn | 222 |
| कॉपर | Cu | 63.9 | सिलिकन | Si | 28.1 |
| फ्लुओरीन | F | 19.0 | सिल्वर | Ag | 107.9 |
| गोल्ड (सोना) | Au | 197.0 | सोडियम | Na | 23.0 |
| हीलियम | He | 4.0 | सल्फर | S | 32.1 |
| हाइड्रोजन | H | 1.008 | टिन | Sn | 118.7 |
| आयोडीन | I | 126.90 | टाइटेनियम | Ti | 47.9 |
| आयरन | Fe | 55.8 | टंग्स्टन | W | 183.8 |
| लैड | Pb | 207.2 | यूरेनियम | U | 238.0 |
| लीथियम | Li | 6.94 | वेनडियम | V | 50.0 |
| | | | जीनॉन | Xe | 131.3 |
| | | | जिंक | Zn | 65.4 |

* अब 'amu' के स्थान पर 'u' का उपयोग होता है।
**रेडियोरेक्टिव (radioactive)

क्योंकि विभिन्न परमाणुओं के आपेक्षिक अनुपात (जो समस्थानिक (isotopes) कहलाते हैं) समय के साथ बदल सकते थे या विभिन्न स्थानों पर अलग-अलग हो सकते थे, संपूर्ण परमाणु द्रव्यमान सारणी भी बदलनी पड़ सकती थी क्योंकि amu का आकार इस मिश्रण पर आधारित था।

इस समस्या को दूर करने के लिए, आजकल ***परमाणु द्रव्यमान इकाई को, कार्बन के विशिष्ट समस्थानिक (C-12) के एक परमाणु के द्रव्यमान के 1/12 भाग के रूप में परिभाषित करते हैं।*** क्योंकि परमाणु इतने सूक्ष्म होते हैं कि परमाणु द्रव्यमान इकाई (u) का वास्तविक द्रव्यमान बहुत कम होता है। उदाहरण के लिए; कार्बन के समस्थानिक (C-12) के एक परमाणु का द्रव्यमान $1.992 \times 10^{-23}$ g है। आप इसे दशमलव रूप में लिखकर यह जरूर महसूस कर सकते हैं कि परमाणुओं के द्रव्यमान वास्तव में कितने कम हैं। सारणी 2.3 में कुछ तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों को दिया गया है।

**अणु द्रव्यमान :** उपरोक्त भाग में हमने परमाणु द्रव्यमान की संकल्पना पर अभिचर्चा की। हम आसानी से इस विचार को अणु द्रव्यमान पर लागू कर सकते हैं। किसी पदार्थ का अणु द्रव्यमान, उस पदार्थ के एक अणु में विद्यमान सभी परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों का कुल योग होता है। इसलिए उस पदार्थ के एक अणु के औसत द्रव्यमान को परमाणु द्रव्यमान इकाई में व्यक्त करते हैं। उदाहरण के लिए, जल ($H_2O$) का अणु द्रव्यमान (18.0 u) दो हाइड्रोजन परमाणुओं और एक ऑक्सीजन परमाणु को जोड़कर – $2 \times 1.0$ u + 16.0 u = 18 u प्राप्त होता है। इसी तरह अमोनिया ($NH_3$) का अणु द्रव्यमान 17.0 u है (एक नाइट्रोजन परमाणु से $1 \times 14.0$ u और तीन हाइड्रोजन परमाणुओं से $3 \times 1.0$ u) (सारणी 2.4)। जब

सारणी 2.4 : कुछ सामान्य पदार्थों के अणु और मोलर द्रव्यमान

| *सूत्र* | *अणु द्रव्यमान* | *मोलर द्रव्यमान* (g /mol) |
|---|---|---|
| $O_2$ | 32.0 | 32..0 |
| $H_2$ | 2.0 | 2.0 |
| $Cl_2$ | 71.0 | 71.0 |
| $P_4$ | 124.0 | 124.0 |
| $CH_4$ | 16.0 | 16.0 |
| $CH_3OH$ | 32.0 | 32.0 |
| $NH_3$ | 17.0 | 17.0 |
| $CO_2$ | 44.0 | 44.0 |
| HCl | 36.5 | 36.5 |
| $C_6H_6$ | 78.0 | 78.0 |
| $SO_2$ | 64.0 | 64.0 |
| CO | 28.0 | 28.0 |
| $C_2H_5OH$ | 46.0 | 46.0 |

हमें अणु सूत्र ज्ञात हो तब हम ठीक यही करते हैं। अणु पदार्थों के अणु द्रव्यमानों को निर्धारित करने की विधि का अध्ययन उच्च कक्षाओं में करेंगे। ***किसी पदार्थ का द्रव्यमान उस यौगिक के सूत्र इकाई में विद्यमान सभी परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों का कुल योग है, चाहें वह अणु है या नहीं।*** सोडियम क्लोराइड (NaCl) का सूत्र द्रव्यमान 58.5 u (23.0 u Na से + 35.5 u Cl से) है। NaCl आयनिक है (जिसे आप अध्याय 5 में पढ़ेंगे)। इसलिए असल में NaCl के अणु द्रव्यमान की अभिव्यक्ति का कोई अर्थ नहीं है। दूसरी तरफ पदार्थ का द्रव्यमान और सूत्र द्रव्यमान जिनकी गणना आण्विक सूत्र से करते हैं, एक समान होते हैं। मैथेन का सूत्र $CH_4$ है। मेथैन का आण्विक द्रव्यमान और सूत्र द्रव्यमान समान है।

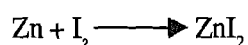
**प्रश्न**

निम्नलिखित को आप कैसे परिभाषित करेंगे :

(अ) परमाणु द्रव्यमान (ब) समस्थानिक
(स) अणु द्रव्यमान (द) परमाणु द्रव्यमान मात्रक (u)

## 2.7 मोल संकल्पना

हम जानते हैं कि रासायनिक अभिक्रिया में एक पदार्थ के परमाणुओं या अणुओं की निश्चित संख्या दूसरे पदार्थ के परमाणुओं या अणुओं की निश्चित संख्या के साथ अभिक्रिया करती है जिससे एक यौगिक बनता है। उदाहरण के लिए निम्नलिखित अभिक्रिया में;

$$Zn + I_2 \longrightarrow ZnI_2$$

जिंक का एक परमाणु आयोडीन के एक अणु या दो परमाणुओं (जो कि द्विपरमाण्विक अणु है) के साथ अभिक्रिया करता है। मान लो हम सही मात्रा में जिंक की सही मात्रा की आयोडीन के साथ अभिक्रिया कराना चाहते हैं और जिंक या आयोडीन के आधिक्य बचाना नहीं चाहते हैं तब अभिक्रिया में जिंक तथा आयोडीन के परमाणुओं की संख्या 1 : 2 के अनुपात में उपस्थित होनी चाहिए। इतने छोटे परमाणुओं और अणुओं को नियंत्रित करना संभव नहीं है जिन्हें हम नग्न आँखों से ही नहीं देख सकते ? इसका अर्थ है कि परमाणुओं और अणुओं को नियंत्रित करना तभी संभव है जब उनका समूह या ढेर इतना बड़ा हो कि हमारी नग्न आँखों से देखा जा

सके। इसलिए वैज्ञानिकों ने **'मोल'** (mole) **को परमाणुओं और अणुओं की गणक इकाई** के रूप में चुना जिस प्रकार हम केले और अण्डों की गणना के लिए दर्जन का उपयोग करते हैं। एक थोक विक्रेता को वस्तुओं को दर्जन (12) या ग्रुस (gross) (144) के बजाय अलग-अलग गणना करने में असुविधा होती है।

परमाणुओं और अणुओं या दूसरे अल्प-परमाण्विक कणों को समझने के लिए वैज्ञानिकों ने कणों की संख्या को उनके द्रव्यमानों से संबंधित किया। यह माना गया कि ***मोल पदार्थ की वह मात्रा है जिसमें* C-12 *के* 0.012 kg *में परमाणुओं की संख्या के बराबर के कण (परमाणु, अणु अथवा आयन) होते हैं। सरल भाषा में मोल,* C-12 *के ठीक* 0.012 kg *अथवा* 12g *में उपस्थित परमाणुओं की संख्या है।***

यद्यपि मोल को कार्बन परमाणुओं के संदर्भ में परिभाषित किया है परंतु यह इकाई किसी भी रासायनिक स्पीशीज के लिए प्रयुक्त है, जिस प्रकार दर्जन का अर्थ 12 या एक ग्रुस का अर्थ किसी भी वस्तु का 144 है।

प्रयोगात्मक रूप से यह पाया कि कार्बन C-12 के ठीक 12 ग्राम में परमाणुओं की संख्या 602 200 000 000 000 000 000 000 या $6.022 \times 10^{23}$ है। यह, $6.022 \times 10^{23}$, संख्या **आवोगाद्रो स्थिरांक** (Avogadro's constant) कहलाती है जिसे $N_A$ के संकेत से निर्दिष्ट करते हैं।

हम जानते हैं कि

C का परमाणु द्रव्यमान = 12 u

$H_2O$ का अणु द्रव्यमान = 18 u

He का परमाणु द्रव्यमान = 4 u

$O_2$ का अणु द्रव्यमान = 32 u

उपरोक्त से हमने जाना कि कार्बन का एक परमाणु हीलियम के परमाणु से तीन गुना भारी है। इसलिए कार्बन के एक हज़ार परमाणु हीलियम के एक हजार परमाणुओं से तीन गुना भारी हैं। यदि कार्बन के एक नमूने में हीलियम के नमूने से तीन गुना द्रव्यमान है तो उनमें परमाणुओं की संख्या समान होनी चाहिए। इसलिए हम कह सकते हैं कि कार्बन के 12 ग्राम और हीलियम के 4 ग्राम में परमाणुओं की संख्या समान होनी चाहिए और यह संख्या संख्यात्मक रूप से $N_A$ के बराबर होती है। इसी प्रकार हम यह कह सकते हैं कि जल का एक अणु हीलियम के एक परमाणु से 4.5 गुना भारी है। 18 ग्राम जल में जल के $N_A$ अणु हैं जबकि 4 ग्राम हीलियम में हीलियम के $N_A$ परमाणु हैं। इसी तरह 32 ग्राम ऑक्सीजन में भी ऑक्सीजन के $N_A$ अणु होंगे। अर्थात हम यह कह सकते हैं कि हीलियम के $6.022 \times 10^{23}$ परमाणुओं का भार 4 ग्राम, ऑक्सीजन के $6.022 \times 10^{23}$ परमाणुओं का भार 32 ग्राम, और जल के $6.022 \times 10^{23}$ अणुओं का भार 18 ग्राम होगा।

उपरोक्त परिचर्चा से हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि पदार्थ का द्रव्यमान जिसमें $N_A$ परमाणु या अणु हैं और जिसको ग्राम में व्यक्त किया गया है, संख्यात्मक रूप से क्रमशः परमाणु द्रव्यमान और अणु द्रव्यमान के बराबर होता है। यह द्रव्यमान पदार्थ का मोलर द्रव्यमान कहलाता है क्योंकि यह पदार्थ के एक मोल परमाणुओं या अणुओं का प्रति द्रव्यमान है। मोलर द्रव्यमान का प्रतीक $M$ है। इसकी इकाई ग्राम प्रति मोल ($g\ mol^{-1}$) है।

$$M(H_2O) = 18\ g\ mol^{-1}$$
$$M(O_2) = 32\ g\ mol^{-1}$$
$$M(NH_3) = 17\ g\ mol^{-1}$$

कुछ पदार्थों के मोलर द्रव्यमानों को सारणी 2.4 में दिया गया है। जल ($H_2O$) के एक मोल में $6.022 \times 10^{23}$ अणु जिनका द्रव्यमान 18 ग्राम होता है। जल का एक मोल हाइड्रोजन के दो मोल परमाणुओं और ऑक्सीजन के एक मोल परमाणु को उत्पन्न करता है। इसी प्रकार हाइड्रोजन के एक मोल परमाणु का द्रव्यमान 1g होगा। इनमें प्रत्येक में $6.022\ g \times 10^{23}$ परमाणु होते हैं और ग्राम में अभिव्यक्त परमाणु द्रव्यमान के बराबर भार होता है (चित्र 2.9 में कुछ पदार्थों के एक मोल को दिखाया गया है)।

हमने देखा कि मोल एक संख्या (आवोगाद्रो स्थिरांक के बराबर) है और पदार्थ की मात्रा को संख्या के रूप में अभिव्यक्त किया गया है। हम यह भी जानते हैं कि द्रव्यमान और संख्या के बीच में संबंध है और इस प्रकार, परमाणुओं और अणुओं को निश्चित संख्या में लेने के लिए पदार्थ के निश्चित भाग को तोलते हैं। वास्तव में यह वजन द्वारा गणना करना ही है।

**उदाहरण 2.1** : निम्नलिखित द्रव्यमानों में अणुओं की संख्या की गणना कीजिए।

(i) 4 ग्राम ऑक्सीजन में (ii) 11 ग्राम $CO_2$ में

हलः

(i) ऑक्सीजन का मोलर द्रव्यमान = $(2 \times 16)$ g/mol
= 32 g/mol

ऑक्सीजन के मोल की संख्या

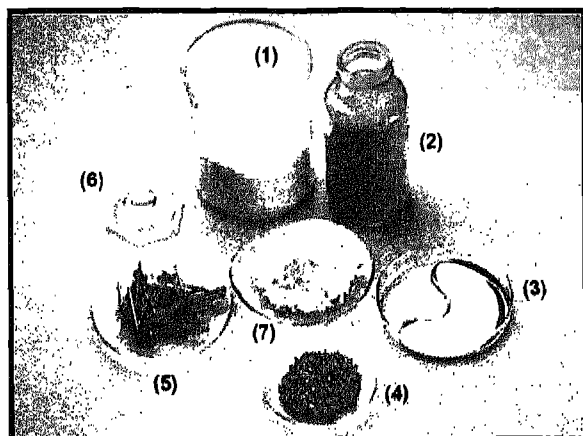
$$= \frac{4 \text{ ग्राम ऑक्सीजन}}{32 \text{ ग्राम मोल}}$$

= 0.125 मोल (ऑक्सीजन के)

अणुओं की संख्या = $0.125 \times 6.022 \times 10^{23}$
= $7.53 \times 10^{22}$

(ii) $CO_2$ का मोलर द्रव्यमान = $(12+2\times16)$ g/mol
= 44 g/mol

$CO_2$ के मोल की संख्या = 11 ग्राम = 44 g/mol
= 0.25 मोल ($CO_2$ के)

अणुओं की संख्या = $0.25 \times 6.022 \times 10^{23}$
= $1.51 \times 10^{23}$

*चित्र 2.9 : कुछ तत्वों और यौगिकों का एक मोल (1) चीनी $C_{12}H_{22}O_{11}$ (2) कॉपर सल्फेट $CuSO_4\,5H_2O$, (3) मर्करी, Hg, (4) कॉपर Cu, (5) आयरन, Fe, (6) जल $H_2O$ एवं (7) सल्फर S पदार्थ के प्रतीक या सूत्र द्वारा निरूपित प्रत्येक नमूने में $6.022 \times 10^{23}$ इकाइयाँ होती हैं।*

**प्रश्न**

1. निम्नलिखित के मोलर द्रव्यमान की गणना कीजिए तथा उनकी उपयुक्त मात्रक इकाइयाँ दीजिए। $C_2H_5OH$, $S_8$, $PCl_5$
2. निऑन गैस में एकल परमाणु होते हैं। निऑन के कितने द्रव्यमान में $6.022 \times 10^{23}$ परमाणु होंगे।
3. (i) 9 ग्राम जल में एवं (ii) 17 ग्राम अमोनिया में कितने अणु विद्यमान होंगे?
4. 17 ग्राम $H_2O_2$ में मोलों की संख्या ज्ञात कीजिए।

## 2.8 तत्व की द्रव्यमान प्रतिशतता

आप पढ़ चुके हैं कि एक यौगिक दो या दो से अधिक तत्वों से मिलकर बनता है। निश्चित अनुपात के नियम के अनुसार, यौगिक में प्रत्येक तत्व के द्रव्यमान का निश्चित योगदान होता है। अतः तत्व की द्रव्यमान प्रतिशतता परिकल्पना करना संभव है। इसके विपरीत भी सही है अर्थात् यदि हमें यौगिक की द्रव्यमान प्रतिशतता ज्ञात है तो हम यौगिक के सूत्र का पता लगा सकते हैं। उदाहरणार्थ, AB एक यौगिक है जिसका एक तत्व A है तथा B दूसरा तत्व है। हम A की द्रव्यमान प्रतिशतता द्रव्यमान के अनुसार AB के सौ भागों में A के भाग के रूप में देते हैं।

A की द्रव्यमान प्रतिशतता =

$$\frac{\text{AB के कुल द्रव्यमान में A का द्रव्यमान}}{\text{AB के कुल द्रव्यमान}} \times 100\%$$

B की द्रव्यमान प्रतिशतता =

$$\frac{\text{AB के कुल द्रव्यमान में B का द्रव्यमान}}{\text{AB के कुल द्रव्यमान}} \times 100\%$$

आइए, फॉर्मेल्डिहाइड का एक उदाहरण लें जिसमें फॉर्मेल्डिहाइड के सूत्र से प्रत्येक संघटक तत्व की प्रतिशतता का परिकलन करेंगे। (फॉर्मेल्डिहाइड, HCHO या $CH_2O$ का उपयोग अधिकांशतः प्लास्टिक के बनाने में और इसका विलयन जैविक नमूनों के परिरक्षण (preserve) के लिए उपयोग में लाया जाता है)। आण्विक सूत्र के अनुसार ($CH_2O$), इसका अणु द्रव्यमान 30.0 u होगा। (कार्बन का 12 u + दो हाइड्रोजन का $2 \times 1$u + एक ऑक्सीजन का 16 u)। 'मोल संकल्पना' के अनुसार फॉर्मेल्डिहाइड का मोलर द्रव्यमान 30 g/mol है। यदि हम 30 ग्राम फॉर्मेल्डिहाइड लेते हैं तो इसमें 12 ग्राम कार्बन, 2.0 ग्राम हाइड्रोजन तथा 16.0 ग्राम ऑक्सीजन होते हैं।

$$\text{C का प्रतिशतता} = \frac{12.0\text{ g}}{30.0\text{ g}} \times 100\% = 40.0\%$$

$$\text{H का प्रतिशतता} = \frac{2\times1.0\text{ g}}{30.0\text{ g}} \times 100\% = 6.7\%$$

इसी प्रकार ऑक्सीजन की प्रतिशतता का परिकलन कर सकते हैं परंतु इसको 100% में से C और H की

प्रतिशतता को घटाकर भी प्राप्त किया जा सकता है।
O का प्रतिशतता = 100% –(40% + 6.7%) = 53.3%

## 2.9 मूलानुपाती और अणु सूत्र

### 2.9.1 मूलानुपाती सूत्र

हमने यौगिक के सूत्र से तत्व की प्रतिशतता का परिकलन किया यद्यपि इसका विपरीत भी संभव है। यौगिक के सूत्र को प्रत्येक तत्व के द्रव्यमान के अनुरूप संघटक प्रतिशतता द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रकार से प्राप्त सूत्र यौगिक का सरलतम सूत्र या मूलानुपाती सूत्र है। ***यौगिक का मूलानुपाती सूत्र एक रासायनिक सूत्र है जो प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की आपेक्षिक संख्या को प्रदर्शित करता है।*** उसके लिए आपको निम्नलिखित रूप से आगे बढ़ना है।

- यौगिक में विद्यमान तत्वों के संकेत लिखिए।
- संकेत के नीचे प्रत्येक तत्व का संघटनी प्रतिशत लिखिए।
- मोलर अनुपात निकालने के लिए प्रत्येक प्रतिशत को उस तत्व के परमाणु द्रव्यमान से भाग कीजिए।
- यौगिक का सूत्र प्राप्त करने के लिए सरलतम पूर्ण संख्या मोलर अनुपात निकालिए।

आइए, इसे एक उदाहरण से स्पष्ट करें।

**उदाहरण 2.2** : उस यौगिक के मूलानुपाती सूत्र का परिकलन कीजिए जिसमें द्रव्यमान रूप से 27.3% C और 72.7% O है।

**हल**

| | C | O |
|---|---|---|
| विद्यमान तत्वों का प्रतीक | C | O |
| संघटनी प्रतिशत | 27.3 | 72.7 |
| परमाणु द्रव्यमान द्वारा भाग करना | $\frac{27.3}{12.0}$ | $\frac{72.7}{16.0}$ |
| परमाणुओं का अनुपात | 2.3 | 4.5 |
| सरलतम पूर्ण संख्या अनुपात (यह सभी को निम्नतम संख्या द्वारा भाग करने से प्राप्त होता है) | $\frac{2.3}{2.3}$ = 1 | $\frac{4.5}{2.3}$ = 2 |

इसलिए यौगिक का लगभग पूर्ण संख्या मूलानुपाती सूत्र $CO_2$ है।

### 2.9.2 अणु सूत्र

वास्तविक अणु सूत्र प्राप्त करने के लिए अणु द्रव्यमान के साथ-साथ मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान की आवश्यकता होती है। अणु द्रव्यमान, मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान का पूर्णसांख्यिक (n) गुणन होता है। प्रयोगात्मक रूप से हाइड्रैजीन का अणु द्रव्यमान 32 u पाया गया और मूलानुपाती सूत्र ($NH_2$) के आधार पर द्रव्यमान केवल 16 u प्राप्त होता है। n के मान का परिकलन निम्न प्रकार से कर सकते हैं :

$$n = \frac{\text{अणु द्रव्यमान}}{\text{सूत्र का द्रव्यमान}} = \frac{32}{16} = 2$$

अतः n = 2

इसलिए हाइड्रैजीन का अणु सूत्र $(NH_2)_2$ या $N_2H_4$ होगा।

आइए एक उपयुक्त उदाहरण द्वारा स्पष्ट करें।

**उदाहरण 2.3** : डाइक्लोरोएथेन का अणु द्रव्यमान 99 u है। नमूने के विश्लेषण से पता चलता है कि इसमें 24.3% कार्बन, 4.1% हाइड्रोजन और 71.6% क्लोरीन है। इसका अणु सूत्र क्या है?

**हल** : आइए हम पहले मूलानुपाती सूत्र का परिकलन करें।

| तत्व | C | H | Cl |
|---|---|---|---|
| संघटनी प्रतिशत | 24.3 | 4.1 | 71.6 |
| प्रत्येक को परमाणु द्रव्यमान से भाग करना | $\frac{24.3}{12.0}$ | $\frac{4.1}{1}$ | $\frac{71.6}{35.5}$ |
| मोलर अनुपात | 2 | 4 | 2 |
| सरलतम मोलर अनुपात | 1 | 2 | 1 |

इसलिए मूलानुपाती सूत्र $CH_2Cl$ है।

$CH_2Cl$ का सूत्र द्रव्यमान = 12 + (2×1) + 35.5 = 49.5u
परंतु डाइक्लोरोएथेन का अणु द्रव्यमान 99 u दिया हुआ है।

$$\text{इसलिए, } \frac{\text{अणु द्रव्यमान}}{\text{सूत्र का द्रव्यमान}} = \frac{99}{49.5} = 2$$

इसलिए प्रत्येक परमाणु की संख्या को 2 से गुणा करने पर, अर्थात $(CH_2Cl)_2$ हम अणु सूत्र $C_2H_4Cl_2$ प्राप्त करते हैं।

अतः डाइक्लोरोएथेन का अणु सूत्र $C_2H_4Cl_2$ है।

**प्रश्न**
आप इनसे क्या समझते हैं ?
(i) मूलानुपाती सूत्र (ii) अणु सूत्र

## आपने क्या सीखा

- कोई भी वस्तु जिसका द्रव्यमान है और वह स्थान घेरती है, पदार्थ कहलाती है। इसे निम्न आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है: (i) भौतिक अवस्था जैसे ठोस, द्रव या गैस, और (ii) रासायनिक संघटन जैसे तत्व, यौगिक या मिश्रण।
- तत्व पदार्थ का वह मूल रूप है जो रासायनिक अभिक्रिया द्वारा सरल पदार्थ से नहीं तोड़ा जा सकता है। दो या अधिक प्रकार के तत्वों का रासायनिक रूप से संयोजित पदार्थ यौगिक कहलाता है। यौगिक के गुण उसके संघटक तत्वों से भिन्न होते हैं। मिश्रण में एक से अधिक पदार्थ (तत्व एवं या यौगिक) किसी भी अनुपात में मिले होते हैं।
- **दो या दो से अधिक पदार्थों का समांगी मिश्रण विलयन कहलाता है। विलयन के मुख्य अवयव को विलायक कहते हैं।** विलयन की सांद्रता उसके इकाई आयतन या विलायक के इकाई द्रव्यमान में उपस्थित विलेय की मात्रा है।
- वह पदार्थ जो विलायक में अघुलनशील और छोटे आकार के कण हैं किन्तु नग्न आँखों से देखने योग्य होते हैं; निलंबन देते हैं।
- **कोलॉइड्** वह विषमांगी मिश्रण है जिनके कणों का व्यास लगभग 1000 nm या $1000 \times 10^{-9}$m होता है। विलायक कोलॉइड उद्योग व दैनिक जीवन में उपयोगी होते हैं।
- **शुद्ध रासायनिक यौगिक** में तत्व सदैव द्रव्यमान के निश्चित अनुपात में विद्यमान होते हैं। इसे निश्चित अनुपात का नियम कहते हैं।
- परमाणु किसी तत्व का सूक्ष्मतम कण है जिसमें उस तत्व के सभी रासायनिक गुणधर्म विद्यमान होते हैं और वह उन गुणधर्मों को बनाए भी रखता है।
- अणु किसी तत्व या यौगिक का सूक्ष्मतम कण है जो सामान्य स्थितियों में अकेले या स्वतंत्र रह सकता है और उस पदार्थ के सभी गुणधर्मों को दर्शाता है। परमाणु की तरह अणु भी उस पदार्थ (तत्व या यौगिक) के रासायनिक गुणों को बनाए रखता है।
- वैज्ञानिकों ने तत्वों के विभिन्न परमाणुओं के द्रव्यमानों की तुलना करने के लिए आपेक्षिक परमाणु द्रव्यमान स्केल का उपयोग किया। समस्थानिक $^{12}C$ के परमाणुओं का आपेक्षिक परमाणु द्रव्यमान 12 माना गया और कार्बन-12 के परमाणु के द्रव्यमान से तुलना कर दूसरे सभी परमाणुओं के आपेक्षिक द्रव्यमानों को प्राप्त किया।
- आवोगाद्रो स्थिरांक ($6.022 \times 10^{23}$ $mol^{-1}$) को $^{12}C$ के ठीक 12 ग्राम में उपस्थित परमाणुओं की संख्या द्वारा परिभाषित किया।
- मोल पदार्थ की वह मात्रा है जिसमें कणों की संख्या (परमाणु, आयन, अणु या सूत्र इकाई) $^{12}C$ के ठीक 12 ग्राम में विद्यमान परमाणुओं के बराबर होती है।
- पदार्थ के एक मोल अणुओं का द्रव्यमान उसका मोलर द्रव्यमान कहलाता है।
- मूलानुपाती सूत्र, यौगिक में विद्यमान विभिन्न तत्वों के परमाणुओं का सरलतम पूर्ण संख्या अनुपात दर्शाता है।
- अणु सूत्र, यौगिक के एक अणु में विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की वास्तविक संख्या को दर्शाता है।

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. निम्नलिखित को तत्व, यौगिक और मिश्रण में वर्गीकृत कीजिए :
   सोडियम, मिट्टी, चीनी का विलयन, धावन सोडा, सिल्वर, कैल्सियम कार्बोनेट, टिन, सिलिकन, कोयला, वायु, साबुन।
2. निम्नलिखित के प्रतीक लिखिए :
   पोटैशियम, ऐलुमिनियम, कैडमियम, क्लोरीन, यूरेनियम, सोना, मर्करी, लैड, टिन और फ्लुओरीन।
3. निम्नलिखित में कौन-से रासायनिक परिवर्तन हैं :
   (अ) मोमबत्ती का जलना
   (ब) जल का जमना
   (स) एक पौधे की वृद्धि
   (द) ऐल्कोहॉल का वाष्पीकरण
   (इ) आयरन में जंग लगना
   (य) लोहे के चूर्ण और रेत को मिलाना
   (र) भोजन का बनना
   (ल) भोजन का पाचन
4. निम्नलिखित के अणु द्रव्यमान का परिकलन कीजिए (सारणी 2.3 में दिए गए परमाणु द्रव्यमान का उपयोग करें) :
   (i) $PCl_5$ (ii) $NH_3$ (iii) $CH_2Cl_2$ (iv) $H_2O_2$ (v) $S_8$ (vi) HCl
5. नीचे दिए गए यौगिकों के सूत्र द्रव्यमान का परिकलन कीजिए :
   (i) MgO (ii) $CaCl_2$ (iii) $CaCO_3$ (iv) $AlCl_3$
6. सोडियम कार्बोनेट ($Na_2CO_3.10H_2O$) एक महत्त्वपूर्ण औद्योगिक रसायन है। उसके सूत्र द्रव्यमान का परिकलन कीजिए।
7. निम्नलिखित दिए गए द्रव्यों में से कौन-सा 'पदार्थ' की श्रेणी में आता है ?
   (अ) बर्फ (ब) दूध (स) आयरन
   (द) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl)
   (इ) कैल्सियम ऑक्साइड (CaO)
   (य) मर्करी
   (र) ईंट
   (ल) लकड़ी
   (व) वायु
8. निम्नलिखित मिश्रणों में से विलयनों को पहचानिए :
   (अ) मिट्टी (ब) समुद्री जल (स) वायु
   (द) कोयला (इ) लकड़ी की राख
   (र) सोडा वाटर
9. निम्नलिखित पदार्थों के मोलर द्रव्यमान का परिकलन कीजिए :
   (अ) एथाइन ($C_2H_2$)
   (ब) आण्विक सल्फर ($S_8$)
   (स) फॉस्फोरस अणु ($P_4$)
   (द) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl)
   (इ) नाइट्रिक अम्ल ($HNO_3$)

10. निम्नलिखित का क्या द्रव्यमान है :
    (अ) N के 1 मोल परमाणु
    (ब) Al के 4 मोल परमाणु
    (स) $Na^+$ आयन के 1.50 मोल
    (द) $Na_2SO_3$ के 10 मोल
11. मोल में परिवर्तित कीजिए :
    (अ) 12 ग्राम ऑक्सीजन गैस
    (ब) 20 ग्राम जल
    (स) 22 ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड
12. निम्नलिखित का क्या द्रव्यमान है :
    (अ) 0.2 मोल ऑक्सीजन के परमाणु
    (ब) 0.5 मोल जल के अणु
13. (अ) 16 ग्राम ठोस सल्फर में सल्फर के अणुओं ($S_8$) की संख्या का परिकलन कीजिए।
    (ब) 0.056 ग्राम एल्यूमिनियम ऑक्साइड ($Al_2O_3$) में एल्यूमिनियम आयन की संख्या का परिकलन कीजिए।
14. एक यौगिक, 'X' विश्लेषण के बाद 85.72% कार्बन और 14.28% हाइड्रोजन देता है। यदि यौगिक का अणु द्रव्यमान 28 है तो अणु सूत्र ज्ञात कीजिए।
15. अमोनिया ($NH_3$) के नमूने का वजन 2.00 ग्राम है। सल्फर डाइऑक्साइड ($SO_2$) के कितने द्रव्यमान में 2 ग्राम अमोनिया के अणुओं के बराबर की संख्या होगी ?
16. मेथैन के विश्लेषण करने पर उसमें 75% C और 25% H पाया गया। इसका मूलानुपाती सूत्र क्या होगा ?

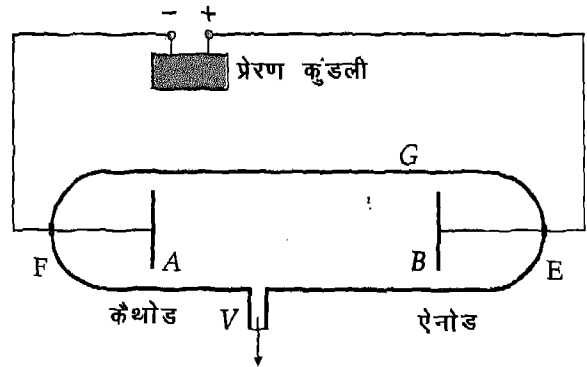
अध्याय 3

# परमाणु की संरचना
## (Structure of Atom)

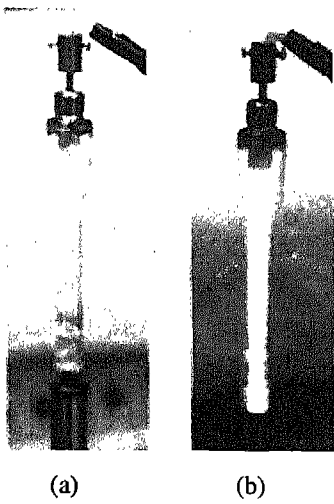
**पि**छले अध्याय में हम पढ़ चुके हैं कि पदार्थ परमाणुओं एवं अणुओं से मिलकर बनते हैं। परिभाषा के अनुसार, परमाणु पदार्थों के सूक्ष्मतम अविभाज्य कण होते हैं जिनका स्वतंत्र अस्तित्व होता है। यह विचार 19वीं शताब्दी में डाल्टन तथा के अन्य वैज्ञानिकों ने दिया था। इस सिद्धांत ने रासायनिक अभिक्रियाओं एवं गैसों के गुणधर्मों को स्पष्ट करने में सहायता की है। परमाणु सिद्धांत के आधार पर रासायनिक क्रियाओं में 'स्थिर अनुपात के नियम' को आसानी से समझाया गया है। विभिन्न परमाणुओं के आपेक्षिक द्रव्यमानों और रासायनिक यौगिकों के सूत्रों को स्थापित करने के लिए भी यह सिद्धांत उपयोगी सिद्ध हुआ। ठीक इसी समय वैज्ञानिक विचार कर रहें थे कि क्या परमाणु वास्तव में अविभाज्य है? क्या परमाणु के अंदर छोटे-छोटे संघटक कण उपस्थित हैं? यदि ऐसा है तो क्या ऐसे आधारभूत और सूक्ष्म कण हैं जिनसे मिलकर परमाणु बना है? सन् 1895 और 1905 ईस्वी में हुए मूल प्रयोगों की शृंखला द्वारा यह स्पष्ट हुआ है कि परमाणु की एक संरचना होती है।

अब हम 1890 के दशक में प्रतिपादित परमाणु की प्रकृति से जुड़े मूल सिद्धांतों पर विचार करते हैं। यह सर्वविदित था कि विभिन्न परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित प्रकाश में अभिलाक्षणिक वर्ण या तरंगदैर्ध्य होती है। [पृष्ठ 46 पर *विद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में प्रकाश और परमाणुओं का स्पेक्ट्रा*, देखें] प्रिज्म स्पेक्ट्रोमीटर में यह अभिलाक्षणिक वर्ण एवं रेखाओं के रूप में प्रकट होते हैं जो साधारणतः वर्णक्रमीय रेखाएँ कहलाती हैं। यह सारी रेखाएँ मिलकर परमाणु का अभिलाक्षणिक वर्णक्रम बनाती हैं। उदाहरणार्थ, सोडियम परमाणु की प्रमुख वर्णक्रमीय रेखाएँ, स्पेक्ट्रम के पीत क्षेत्र में विद्यमान होती हैं। इसी प्रकार हाइड्रोजन भी एक अभिलाक्षणिक स्पेक्ट्रम प्रदान करता है। इस प्रकार यह भली भांति स्थापित हुआ कि परमाणुओं का वर्णक्रम, परमाणु की संरचना के साथ जुड़ा होता है। 19वीं शताब्दी के अंत में परमाणु की संरचना को व्यक्त करना तथा उसके महत्त्वपूर्ण गुणधर्मों, जैसे अभिलाक्षणिक उत्सर्जन वर्णक्रम और रासायनिक अभिक्रियाओं को समझना एक चुनौतीपूर्ण कार्य था। इस अध्याय में हम परमाणुओं की संरचना के विकास को समझने का वर्णन करेंगे।

### 3.1 विसर्जन नलिका के मूल प्रयोग और इलेक्ट्रॉन की खोज

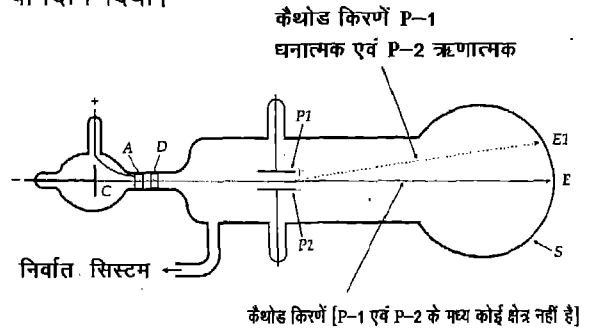
लगभग 100 वर्ष पहले विसर्जन नलिका द्वारा किए प्रायोगिक कार्यों ने कई ऐतिहासिक आविष्कारों को जन्म दिया। चित्र 3.1 में प्रतीकात्मक विसर्जन नलिका का आरेखीय चित्र दिखाया गया है।

*चित्र 3.1 : प्रतीकी विसर्जन नलिका का रेखीय चित्र। A और B धातु के इलेक्ट्रोड शीशे की नली (G) में सील बन्द हैं। ऐनोड और कैथोड प्रेरण कुंडली के सिरों एवं उच्च वोल्टता स्रोत के सिरों से जुड़े हुए हैं। नली G को निर्वात पंप से V द्वारा जोड़कर निर्वात किया जा सकता है।*

यह दोनों सिरों से बंद एक काँच की नली G है। इससे एक छोटी नली V संगलित है। दो धातु के इलेक्ट्रोड A और B नली G के दोनों सिरों पर सील बन्द हैं। धातु की प्लेट A और B को विद्युत पावर स्रोत के इलेक्ट्रोडों से जैसे उच्च वोल्टता प्रेरण कुण्डली, जोड़ सकते हैं। अगर इलेक्ट्रोड A को पावर स्रोत के ऋण सिरे से जोड़ते हैं जैसा चित्र 3.1 में दिखाया है, तो यह कैथोड कहलाता है। इलेक्ट्रोड B को पावर सप्लाई के धन सिरे से जोड़ते हैं तो यह ऐनोड कहलाता है। प्रसिद्ध वैज्ञानिक माइकेल फैराडे द्वारा स्थापित

परिपाटी के अनुसार ही ऐनोड और कैथोड शब्द प्रयुक्त किए गए हैं। जब नली G में वायु या कोई अन्य गैस नॉमर्ल वायुमंडलीय दाब तथा दसों हज़ार की उच्च वोल्टता पर इलेक्ट्रोड A और B को रखते हैं, तो कुछ भी असामान्य नहीं होता। अपितु जब नली G में से वायु या अन्य गैस को निर्वात पंप द्वारा निकालते हैं तो कई आश्चर्यजनक परिघटनाएँ घटनी शुरू होती हैं। प्रारंभ में टिमटिमाहट के रूप में प्रकाश उत्सर्जित होता है। जैसे ही नली G में से वायु को बाहर निकाल कर, इसके दाब को कम कर देते हैं, तो पूरी नली लगभग समान रूप से दीप्ति से भर जाती है।

*चित्र 3.2 : कैथोड (नीचे) तथा ऐनोड (ऊपर) के मध्य लगभग 2000 वोल्ट का उच्च विद्युत वोल्टता प्रवाहित करने के उपरांत लिया गया विसर्जन नलिका का फोटोग्राफ।*

(a) *जब नली में वायु नॉर्मल वायुमंडलीय दाब पर स्थित।*

(b) *नली बिल्कुल निर्वात करने के पश्चात् विसर्जन को स्पष्ट देखा जा सकता है।*

जब नली को प्रारंभ में नॉर्मल वायु से भरा गया था तब दीप्ति मैजेंटा लाल वर्ण (Magenta red) का होता है। निम्नतर दाब पर एक समान दीप्ति के बीच-बीच में गहरी धारियाँ बनती हैं जो नली के अक्ष के अभिलंब (perpendicular) होती हैं। चित्र 3.2 (a) और (b)नॉर्मल वायु भरी हुई विसर्जन नलिका के फाटोग्राफ को दिखाता है। चित्र 3.2 (a) में उस नली को दर्शाया गया है जिसमें निर्वात करने के पहले वैद्युत क्षेत्र अनुप्रयुक्त किया गया है। जिसके फलस्वरूप विसर्जन नली में कोई दीप्ति उत्पन्न नहीं होती है। दूसरी तरफ चित्र 3.2 (b) जिसमें नली का दाब कम है, दीप्ति साफ-साफ दिखाई देती है। अगर दाब और कम कर दें तो सारे विसर्जन लुप्त हो जाते हैं और नली काली (dark) दिखाई पड़ती है। शीशे की नली में कैथोड के विपरीत सिरे पर हरा पीला प्रकाश उत्सर्जित होता है (चित्र 3.1)। यह नली के काँच का प्रतिदीप्ति (Fluorescence) है। दैनिक जीवन में अधिकतर प्रकाश के लिए प्रतिदीप्ति ट्यूबों का उपयोग किया जाता है। इन नलिकाओं में प्रतिदीप्ति के लिए फॉसफॉर (Phosphor) नामक एक विशेष प्रकार का उपयोग किया जाता है। हरा-पीत वर्ण का प्रकाश काँच की नली के पदार्थ का अभिलक्षण होता है। यदि B को कैथोड और A को ऐनोड बना दें तो हरी-पीत प्रतिदीप्ति नली के F क्षेत्र में अवलोकित होती है, जो कैथोड के विपरीत स्थित है। इस प्रेक्षण से यह निष्कर्ष निकला कि कैथोड कुछ प्रकार की किरणें उत्सर्जित करता है जो सीधी रेखा में चलती हैं। इन किरणों को **कैथोड किरणें** कहा जाता है। विलियम क्रूक्स (William Crookes) और जे.जे. टॉमसन (J.J. Thomson) ने विसर्जन परिघटना की सही प्रकृति और कैथोड किरणों की प्रकृति को समझने में आधारभूत योगदान दिया।

*चित्र 3.3 : जे.जे. टॉम्सन द्वारा प्रयुक्त कैथोड किरणों के अध्ययन के लिए विशेष विसर्जन नलिका। (A) ऐनोड तथा (C) कैथोड है। ऐनोड (A) और धातु डिस्क (D) के खुले होने के कारण कैथोड किरणें उनमें से निकलकर काँच के दूसरे सिरे (E) पर पहुँचती हैं। कैथोड किरणों को उच्च वैद्युत क्षेत्र अनुप्रयुक्त कराने के लिए P1 और P2 धातु प्लेटों को स्थिर रखा गया।*

### 3.1.1 जे.जे. टॉम्सन द्वारा किए गए प्रयोग तथा इलेक्ट्रॉन की खोज

जे.जे. टॉम्सन ने एक विशेष विसर्जन नलिका बनाई। चित्र 3.3 इसका रेखीय चित्र है। इस नली में C कैथोड

है। एक धातु की डिस्क A जिसके केंद्रीय भाग में अत्यंत सूक्ष्म छिद्र हैं, जो ऐनोड का कार्य सम्पन्न करती है। डिस्क (A) के समान दूसरी डिस्क (D), A के ठीक पीछे लगी है। इस प्रकार की व्यवस्था से कैथोड किरणें A तथा D डिस्कों के छिद्रों से निकलकर नली के दूसरे सिरे (E) पर टकराती हैं। नली में धातु की दो चपटी प्लेटें P1 और P2 लगाई गई हैं जिसे उच्च वोल्टता से जोड़ा गया है।

इस प्रकार की व्यवस्था से टॉम्सन ने प्रमाणित किया कि उच्च वैद्युत क्षेत्र कैथोड किरणों को विक्षेपित कर सकता है। जब नली को उच्च निर्वात में संचालित कराया तो प्रतिदीप्ति किरणें E पर दिखाई पड़ती हैं। ऐनोड का मुख अत्यंत पतला होने के कारण विकिरण छोटे धब्बे के रूप में प्रकट हुई P1 और P2 पर जब उच्च वैद्युत क्षेत्र का अनुप्रयोग किया गया तो P1 और P2 की ध्रुवता पर आधारित धब्बा, E पर ऊपर नीचे होते दिखाई दिया। अगर P1 प्लेट धनावेशित थी तो धब्बा ऊपर की ओर गतिशील हुआ। P2 धनावेशित होने पर धब्बा नीचे की ओर गतिमान हुआ। जे. जे. टॉम्सन ने विभिन्न वैद्युत शक्ति क्षेत्रों द्वारा, बिंदु E पर परिदीप्ति धब्बों द्वारा विस्थापित दूरियों को, अनुमाप (Scale) S की सहायता से सावधानीपूर्वक मापा। यह भी उल्लेखित है कि क्रूक्स (Crooks) एवं अन्य वैज्ञानिकों ने पहले ही प्रेक्षण कर लिया था कि तीव्र चुंबकीय क्षेत्र भी कैथोड किरणों को विक्षेपित कर सकता है।

यह तो स्पष्ट हो गया कि कैथोड किरणें गतिमान आवेशित कण हैं क्योंकि ये किरणें वैद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों द्वारा प्रभावित होती हैं। अब इन आवेशित कणों की प्रकृति को सिद्ध करना था। कैथोड किरणों की वैद्युत क्षेत्र में विक्षेपित होने की दिशा ने दिखाया कि ये ऋणावेशित कणों से मिलकर बनी हैं। वैद्युत क्षेत्र में कैथोड किरणों के विक्षेपण के अध्ययन द्वारा जे.जे. टॉम्सन ने कैथोड किरणों की संघटन कणों के आवेश और द्रव्यमान के अनुपात (e/m) का मान निर्धारित किया। e कण का आवेश एवं m कण का द्रव्यमान है। e/m का मान निम्न रूप में प्रदर्शित कर सकते हैं।

**जे.जे. टाम्सन (1856-1940)**

$$e/m = 1.76 \times 10^{11}\ C/kg \qquad (1)$$

यह पाया गया कि इलेक्ट्रोड के पदार्थों को बदलने या विसर्जन नली में विभिन्न गैसों के बदलने पर भी e/m का मान नहीं बदलता, अर्थात यह मान स्थिर रहता है। स्मरण रहे कि उस समय तक माइकेल फैराडे एवं अन्य वैज्ञानिकों द्वारा वैद्युत अपघट्य विलयन के अपघटन का गहन अध्ययन किया जा चुका था। विलयन में वैद्युत क्षेत्र के प्रभाव में धनायनों और ऋणायनों की गतिशीलता को स्थापित किया जा चुका था। उदाहरण के लिए सोडियम क्लोराइड के विलयन में $Na^+$ धनायन का कैथोड की ओर गति करके एकत्रित होना ज्ञात था। वैद्युत क्षेत्र में $Cl^-$ ऋणायन ऐनोड की ओर गतिमान हुए। इन प्रयोगों से विभिन्न धनायन तथा ऋणायन के e/m के मान ज्ञात किए गए। कैथोड किरणों के कणों के e/m का मान $H^+$ आयन के मान से 2000 गुना अधिक पाया गया। इससे यह निष्कर्ष निकला कि या तो कैथोड किरणों के कणों का आवेश $H^+$ धनायन (प्रोटॉन) से 2000 गुना अधिक था या फिर ये कण 2000 गुना हाइड्रोजन परमाणु से हल्के थे। सभी प्रयोगात्मक साक्ष्यों को अध्ययन करने पर यह निष्कर्ष निकला कि **कैथोड किरणों के कणों का द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु से लगभग 2000 गुना कम था।**

लगभग इसी समय राबर्ट ए. मिलिकन (R.A. Milikan) ने तेल की बूँदों के आवेश पर आकर्षक प्रयोग किए। दो धातुओं की प्लेटों के बीच में वैद्युत क्षेत्र प्रवाहित करने पर आवेशित तेल की बूँदें गतिशील हुईं। वे बूँदों के आवेश को परिशुद्धता से मापने में सफल रहे।

उन्होंने बूँदों पर आवेश, आधारभूत आवेश $1.6 \times 10^{-19}$ C (कूलॉम) का हमेशा गुणात्मक पाया। कुछ और प्रयोगों, जिसमें धातुओं को गर्म कर अथवा पराबैंगनी विकिरणों द्वारा आवेशित

**राबर्ट ए. मिलिकन (1868-1953)**

कणों के उत्सर्जन पर भी अनुसंधान किया गया था। इन सभी कणों का मान एक जैसा पाया गया था। इन प्राप्त परिणामों को कैथोड किरणों के अध्ययन द्वारा प्राप्त परिणामों के साथ जोड़ने पर यह निष्कर्ष निकाला गया कि कैथोड किरणों के कणों पर एक आधारभूत इकाई का आवेश है। अर्थात्

$$e = 1.6 \times 10^{-19}\,C \qquad (2)$$

जब $e$ के इस मान को $e/m$ के मान के साथ संयुक्त किया गया तो कण के द्रव्यमान को निम्न प्रकार से परिकलन किया गया।

$$m = \frac{1.6 \times 10^{-19}\,C}{1.76 \times 10^{11}\,C/kg} = 9.1 \times 10^{-31}\,kg \qquad (3)$$

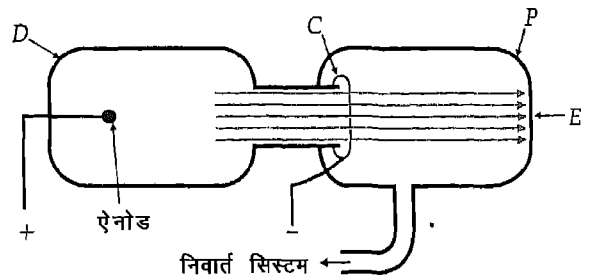
इस प्रकार कैथोड किरणों के बनाने वाले कणों के मूलभूत गुणधर्मों को स्थापित किया। कैथोड किरणों के इन कणों को **इलेक्ट्रान** की संज्ञा दी गई। इस आधारभूत खोज का श्रेय जे.जे. टॉम्सन को जाता है। उपरोक्त **परिचर्चाओं से यह निष्कर्ष निकला कि** ऋण आवेशित इलेक्ट्रॉन परमाणु का एक हिस्सा होता है जोकि उपयुक्त परिस्थितियों में परमाणु से विलगित किया जा सकता है, जैसे कि उत्सर्जन नली में प्राप्त होता है। परमाणु वैद्युत रूप से उदासीन है, इसलिए परमाणु का शेष भाग जिसमें से इलेक्ट्रॉन निकाला गया, धनावेशित होना चाहिए। विसर्जन नलिका द्वारा किए गए अध्ययन से आयनित परमाणुओं के प्रयोगात्मक साक्ष्य दिए गए जैसाकि हम अगले भाग में अध्ययन करेंगे।

## 3.2 कैनाल किरणें या धनात्मक किरणें

जैसा कि हम ऊपर परिचर्चा कर चुके हैं कि कैथोड किरण नली से इलेक्ट्रॉन की आधारभूत खोज हुई। इन अध्ययनों ने आयनित परमाणु की उपस्थिति तथा परमाणुओं के आवेश/द्रव्यमान अनुपात के मापने को प्रदर्शित किया। सन् 1886 ईस्वी में एक जर्मन वैज्ञानिक ई. गोल्डस्टाइन (E. Goldstein) ने कैथोड किरण नली में नई किरणों की खोज को प्रकाशित किया। उसने एक विशेष प्रकार की नली बनाई जैसा चित्र 3.4 में दिखाया गया है। इस नली में आवश्यक दो कक्ष थे जो एक छिद्रयुक्त धातु डिस्क C द्वारा विलगित किए गए थे। विसर्जन नली D में डिस्क C कैथोड के रूप में थी। कक्ष D में कैथोड और ऐनोड के बीच वैद्युत-विसर्जन के फलस्वरूप समक्षणिक दूसरे कक्ष P में कुछ नई किरणों को लगातार गोल्डस्टाइन द्वारा प्रेक्षित किया गया।

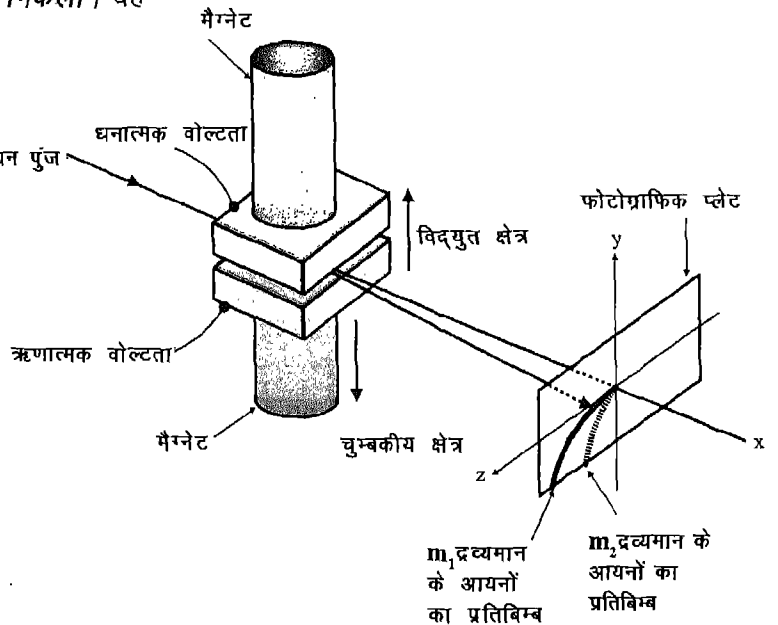
ये किरणें कैथोड के छिद्रों से निकलकर कक्ष P के दूसरे सिरे E पर टकराईं। कक्ष P में इन किरणों के

**प्रश्न**

1. जब विसर्जन नलिका को उच्च वोल्टता स्रोत से जोड़ते हैं और वायु के दाब को धीरे-धीरे कम करते हैं तो कौन-कौन सी विभिन्न अवस्थाएँ दिखाई देती हैं ?
2. जब कैथोड किरणों को दो समान्तर प्लेटों के बीच के वैद्युत क्षेत्र में से गुजारते हैं, तो क्या होता है ? क्या इस प्रयोग से कैथोड किरणों के संघटक कणों के आवेश की प्रकृति को माप सकते हैं ? यदि हाँ तो कैसे ?
3. जे.जे. टॉम्सन के प्रसिद्ध प्रयोगों से पहले वैद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों में कैथोड किरणों का विक्षेपण ज्ञात था, तो जे.जे. टॉम्सन का मुख्य योगदान क्या था ?
4. पहली बार इलेक्ट्रॉन के आवेश को किसने मापा था ? इसके लिए उसने क्या प्रयोग किए थे ?
5. एक छात्र का वजन 30 kg है। मान लो उसका पूरा शरीर इलेक्ट्रॉनों द्वारा बना है। तो उसके शरीर में कितने इलेक्ट्रॉन होंगे ? इस इलेक्ट्रॉन की संख्या की भारत की जनसंख्या से तुलना कीजिए।

*चित्र 3.4 : कैनाल या धनात्मक किरणों की खोज के लिए ई. गोल्डस्टाइन द्वारा प्रयुक्त द्विकक्षीय विसर्जन नलिका का रेखीय चित्र।*

*चित्र 3.5 : डब्लू. वीन द्वारा प्रयुक्त द्विकक्षीय विसर्जन नलिका का आरेखीय चित्र जिसमें धनावेशित किरणों का प्लेट P1 और P2 के बीच उच्च वैद्युत क्षेत्र के प्रवाहित होने पर विक्षेपण दिखाया गया है।*

पथ में अवशेष गैस की दीप्ति द्वारा ये किरणें देखी गईं। जब ये किरणें कक्ष P के सिरे E पर टकराईं, तब प्रदीप्ति विकिरण भी उत्पन्न हुआ। ***इन किरणों को कैनाल (Canal) किरणें कहा गया क्योंकि ये कैथोड के छिद्रों या कैनाल में से निकलीं।*** यह उल्लिखित है कि जे.जे. टॉम्सन और उसके सहयोगियों द्वारा विस्तारपूर्वक अध्ययन करने से पहले ही गोल्डस्टाइन ने ये विलक्षण प्रयोग किए थे। टॉम्सन द्वारा वैद्युत क्षेत्र में कैथोड किरणों को विक्षेपित करने में अपार सफलता प्राप्त करने के बाद, डब्लू. वीन (W.Wien) उच्च वैद्युत क्षेत्र में कैनाल किरणों को विक्षेपित करने में सफल हुए। उन्होंने कैथोड C में केवल एक छोटा गोल छिद्र किया और सिरे E पर छोटा धब्बा देखा। उन्होंने दो प्लेट P1 और P2 कक्ष P में लगाईं (चित्र 3.5)। जब इन प्लेटों में लगभग 2000 वोल्ट का वैद्युत क्षेत्र उत्पन्न किया, तो प्रदीप्ति धब्बे का मापनीय विक्षेपण होते पाया गया। कैनाल, किरणों का ऋण इलेक्ट्रॉड की ओर आकर्षण ने दर्शाया कि ये धनावेशित कणों से मिलकर बनी हुई हैं इसलिए इन्हें धनावेशित किरणें भी कहा जाता है। वीन, इन किरणों के आवेश/द्रव्यमान e/m अनुपात को टॉम्सन तकनीक द्वारा मापने में सफल हुआ। जे. जे. टॉम्सन और सहयोगियों ने धनावेशित किरणों के विक्षेपण का गहन अध्ययन किया। जब इन किरणों को वैद्युत और चुंबकीय क्षेत्र में से गुजारा गया तो उन्होंने पाया कि इन धनावेशित किरणों को फोटोग्राफिक प्लेट पर प्रतिबिंबित किया जा सकता है। वैद्युत और चुंबकीय क्षेत्र के साथ प्रयोगों से उन्होंने फोटोग्राफिक प्लेट पर वक्राकार चाप (Curved arc) का प्रतिबिम्ब देखा। धनावेशित किरणों का विक्षेपण एवं उनके चाप की आकृतियाँ उनके संघटक कणों के e/m अनुपात पर निर्भर करती हैं।

चित्र 3.6 प्रायोगिक व्यवस्था के रेखीय चित्र को दिखाता है। इस विधि द्वारा कई वर्षों से गैसीय अवस्था में विभिन्न परमाण्विक और आण्विक स्पीशीज की पहचान की जा रही है और यह द्रव्यमान स्पेक्ट्रममिति (Mass Spectrometry) कहलाती है। आजकल, यह पदार्थों के संघटकों तथा उनमें बहुत कम मात्रा में उपस्थित अशुद्धियों के निर्धारण में उपयोग होता है।

*चित्र 3.6 : जे.जे. टॉम्सन और उनके सहयोगियों द्वारा धनावेशित किरण नली में विभिन्न आयनों के विक्षेपण के अध्ययन में प्रयुक्त उपकरण की रूपरेखा का रेखीय चित्र। वैद्युत तथा चुंबकीय क्षेत्र एक ही दिशा में है जो धनावेशित किरणों के अभिलम्ब (perpendicular) है। चित्र में दर्शाया वैद्युत क्षेत्र आयनों का नीचे की दिशा में विक्षेपण करता है। चुंबकीय क्षेत्र पार्श्व विस्थापन (lateral displacement) उत्पन्न करते हैं। विभिन्न आवेश/द्रव्यमान अनुपात के आयनों के प्रतिबिम्ब फोटोग्राफिक प्लेट पर वियोजित (resolve) किए गए हैं।*

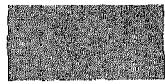
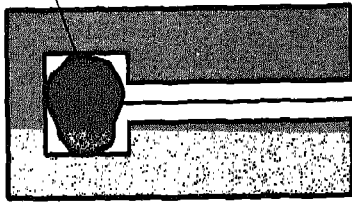
**प्रश्न**

1. कैथोड किरणों और धनात्मक किरणों के अध्ययन में प्रयुक्त विसर्जन नलिकाओं में क्या अंतर है ?
2. धनात्मक किरणों का आवेश/द्रव्यमान अनुपात किसने निर्धारित किया और कैसे ?
3. द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (mass Spectrometer) के सिद्धांत और अनुप्रयोग क्या हैं ?

## 3.3 X-किरणें और रेडियोऐक्टिविटी

विसर्जन नलिका से संबंधित अध्ययनों से एक और आधारभूत खोज हुई, नामत: बिल्हेल्म कोनार्ड रून्टगेन (Wilhelm. K. Röntgen) द्वारा X-किरणों की खोज हुई। जब ऐनोड और कैथोड के बीच अत्यधिक उच्च वोल्टता प्रवाहित की तो काँच की नली पर जहाँ कैथोड किरणें टकराईं, वहाँ से **X-किरणों** का उत्सर्जन हुआ। X-किरणों के खोज के समय उसकी प्रकृति एक रहस्य थी इसलिए ये **X-किरणें** कहलाईं। कभी-कभी इन्हें रून्टगेन किरणें भी कहते हैं परन्तु इन आश्चर्यजनक विकिरणों को अधिकांशत: X-किरणों के नाम से प्रयुक्त किया जाता है। X-किरणों की खोज से वैज्ञानिकों के साथ-साथ आम आदमी पर भी गहरा प्रभाव पड़ा। चिकित्सकों ने इसे कुछ महीनों की खोज के बाद से ही नैदानिक (diagnostic) उद्देश्यों के लिए इसका उपयोग करना शुरू कर दिया। वे हड्डियों के प्रतिबिंब को प्रत्यक्ष देख कर उसमें दरार, विकृति और कई उन परिवर्तनों को जो स्वास्थ्य की समस्याओं का कारण बनते हैं, उनका पता लगा सकते थे। कई वैज्ञानिकों ने, जो X-किरणों के गुणधर्मों का अध्ययन कर रहे थे, सोचा कि ये किरणें विसर्जन नलिका में वहाँ से उत्पन्न हुईं जहाँ कैथोड किरणें टकराई थीं, इसलिए ये किरणें स्फुरदीप्ति (phosphorescence) से संबंधित हो सकती हैं। स्फुरदीप्ति एक ऐसी परिघटना है जिसमें जब किसी पदार्थ को X-किरणों या कैथोड किरणों या पराबैंगनी किरणों द्वारा किरणित (irradiate) किया जाता है, तो दृश्य प्रकाश का उत्सर्जन होता है। स्फुरदीप्ति उत्पन्न करने वाली विकिरण को बंद करने या हटाने पर भी प्रकाश उत्सर्जित होता रहता है। उदाहरण के लिए यह सर्वविदित था कि यूरेनियम के लवण को सूर्य के प्रकाश द्वारा किरणित करने पर ये चमकने लगती हैं। ये चमक सूर्य के प्रकाश से दूर हटाने के बाद भी बनी रहती है। हेनरी बैकेरल (Henry Becquerel) ने स्फुरदीप्ति और X-किरणों के संबंध की जाँच की। बैकेरल ने यूरेनियम के लवण को सूर्य के प्रकाश में थोड़ी देर खुला रखकर कागज़ में लपेट दिया। फिर उसे फोटोग्राफिक प्लेट पर रख दिया जो काले कागज़ से लिपटी हुई थी, जिससे कि सूर्य का प्रकाश प्लेट पर सीधा न पड़े। जब इन लवणों को कम समय के लिए रखा गया तो उसने कोई विशेष प्रभाव नहीं देखा, फिर जब समय बढ़ाया तो लवण ने प्लेट में कालापन उत्पन्न किया। यूरेनियम यौगिक को फोटोग्राफिक प्लेट पर रखने से पहले उसे प्रकाश में खुला रखना या न रखना निराकार (Immaterial) था। इन प्रेक्षणों से बैकेरल ने निष्कर्ष निकाला कि ये लवण एक प्रकार की 'दुर्बल X-किरणें' उत्सर्जित करते हैं जो लवण के आस पास लिपटे कागज़ को तथा फोटोग्राफिक प्लेट को भेद (penetrate) सकती हैं।

बैकेरल के निष्कर्षों ने वैज्ञानिकों को उन दूसरे पदार्थों की ओर ध्यान देने के लिए उत्साहित किया जो 'दुर्बल X-किरणें' उत्सर्जित करते थे।

इस क्षेत्र में मादाम मेरी स्कलोदोवास्का क्यूरी (Madam Marie Sklodowska Curie) तथा प्रोफेसर पियरे क्यूरी (Prof. Piere curie) जो कि पति पत्नी थे, ने अति विलक्षण अध्ययन किया। यह पाया गया कि थोरियम (Th) भी यूरेनियम जैसे गुणधर्म प्रदर्शित करता है। उन्होंने देखा कि पिचब्लैंड (Pitchblende) नामक खनिज में एक या अधिक ऐसे पदार्थ होते हैं जो उत्सर्जन में यूरेनियम से भी प्रबल हो सकते हैं। इस खनिज के रासायनिक प्रक्रमण (Processing) से मादाम क्यूरी ने एक पदार्थ प्राप्त किया जो कि आयनकारी विकिरण के उत्सर्जन में यूरेनियम से 400 गुना अधिक शक्तिशाली था। उन्होंने इस नये पदार्थ को पोलोनियम (Polonium) का नाम देने का प्रस्ताव रखा जो कि मादाम क्यूरी के जन्मस्थान पोलैन्ड (Poland) पर आधारित था। क्यूरी दम्पति की टीम के परिश्रमयुक्त प्रयास से एक और नये पदार्थ को प्राप्त किया गया जो कि पोलोनियम से भी अधिक सक्रिय था। इस नये पदार्थ के रासायनिक गुणधर्म पोलोनियम से भिन्न थे परंतु बेरियम के समान थे। प्रारंभ में यह पाया गया कि इसकी X-किरणों के समान विकिरण उत्पन्न करने की क्षमता यूरेनियम की

*चित्र 3.7 : रेडियोऐक्टिव पदार्थों पर चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव के अध्ययन के लिए किए गए प्रयोग का रेखीय चित्र।*

तुलना में 900 गुना अधिक थी। इस नये पदार्थ का नाम रेडियम दिया गया। यद्यपि खनिज में इसका सांद्रण बहुत कम पाया गया। इसलिए खनिज से रेडियम को पृथक करना बहुत कठिन था। वर्ष 1910 ईस्वी में कई टन पिचब्लैंड खनिज के रासायनिक प्रक्रमण द्वारा क्यूरी दम्पति 100 mg रेडियम प्राप्त करने में सफल हो गए। शुद्ध रेडियम, X-किरणों के समान विकिरण उत्पन्न करने में यूरेनियम की तुलना में दस लाख गुना अधिक प्रभावी था। X-किरणों के समान विकिरण उत्पन्न करने वाले ये खनिज रेडियोऐक्टिव पदार्थ कहलाए। यूरेनियम, पोलोनियम और रेडियम द्वारा उत्सर्जित आयनीकारी विकिरण के उत्सर्जन की इस परिघटना को **रेडियोऐक्टिवता** (radioactivity) का नाम दिया गया।

रेडियोऐक्टिव पदार्थों से उत्सर्जित आयनीकारी किरणों के विश्लेषण से कई रोचक परिणाम प्राप्त हुए। ये किरणें वायु एवं अन्य गैसों को आयनीकृत करने में बहुत प्रभावी थीं। जब रेडियोऐक्टिव पदार्थों से निकलने वाले उत्सर्जनों को उच्च वैद्युत और चुम्बकीय क्षेत्रों से प्रवाहित किया तो असाधारण निष्कर्ष प्राप्त हुए। यह देखा गया कि सामान्यतः रेडियोऐक्टिव पदार्थों से तीन भिन्न प्रकार की किरणें उत्सर्जित हुईं। चित्र 3.7 में एक रेडियोऐक्टिव पदार्थ से उत्सर्जित विकिरणों पर पृष्ठ के अभिलंबरत अक्ष पर उच्च चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव को दर्शाया गया है। उत्सर्जनों के दो अवयव प्रबल चुंबकीय क्षेत्र में मुड़ गए जबकि तीसरा अवयव अप्रभावित रहा। एक अवयव के मुड़ने की दिशा धनात्मक आवेश की एक धारा के समान थी। इसको अल्फा (α) किरण का नाम दिया गया। दूसरे अवयव के मुड़ने की दिशा वैद्युत क्षेत्र में कैथोड किरणों के समान थी तथा इसे बीटा (β) किरण का नाम दिया गया। तीसरी विकिरण को वैद्युत व चुंबकीय क्षेत्र में अप्रभावित पाया गया। इन विकिरणों को गामा (γ) किरणें कहा गया। इसके अलावा किरणों के आवेश/द्रव्यमान के अनुपातों के निर्धारण ने दर्शाया कि इन किरणों में आयनित हीलियम परमाणु थे। इसी प्रकार बीटा किरणों को अत्यधिक ऊर्जावान इलेक्ट्रॉनों के रूप में पाया गया। गामा किरणों को दृश्य प्रकाश तथा X-किरणों की जैसी वैद्युत-चुंबकीय विकिरण के रूप में स्थापित किया गया। इन किरणों की ऊर्जा बहुत अधिक होती है। किसी पदार्थ की रासायनिक और भौतिक अवस्था का रेडियोऐक्टिविटी पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। शुरू-शुरू के प्रयोग में रेडियोऐक्टिव पदार्थ को विस्फोटकों के साथ मिलाया और विस्फोटित किया गया। रेडियोऐक्टिव गुणों में कोई परिवर्तन नहीं देखा गया।

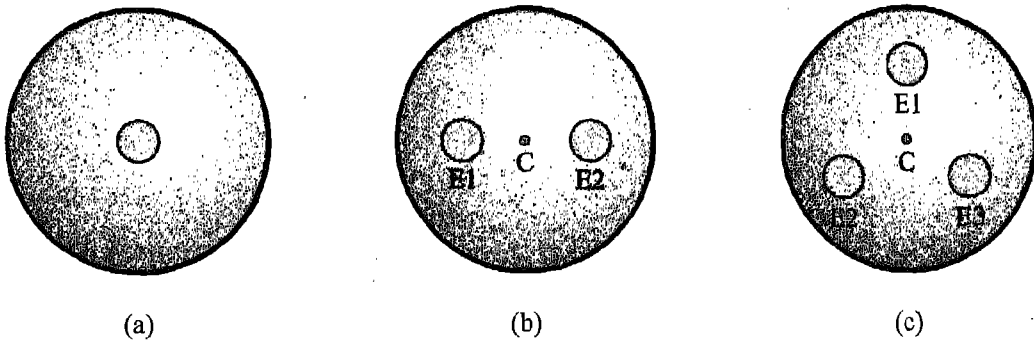
**प्रश्न**

1. क्या विसर्जन नली के प्रयोग के अध्ययन ही X-किरणों की खोज के लिए उत्तरदायी थे ? यदि ऐसा था तो कैसे ?
2. रेडियोऐक्टिविटी की खोज किसने की और कैसे ?
3. क्यूरी दम्पति ने कितने रेडियोधर्मी पदार्थों की खोज की और इस कार्य के लिए कौन-सी तकनीक अपनाई ?
4. अल्फा, बीटा और गामा किरणों के क्या-क्या अभिलक्षण हैं ?

## 3.4 परमाणु नाभिक

विभिन्न स्थितियों में परमाणुओं से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की ऋण आवेशित कण के रूप में पहचान की स्थापना के फलस्वरूप यह निष्कर्ष निकला कि परमाणु का शेष भाग धनावेशित है। इलेक्ट्रॉन के e/m अनुपात के मान तथा $H^+$, $Na^+$ और अन्य आयनों के e/m अनुपात के मानों की तुलना से यह देखा गया कि नाभिक इलेक्ट्रॉन से 2000 गुना भारी होना चाहिए। जे.जे. टॉम्सन ने परमाणु का एक मॉडल दिया जिसमें इलेक्ट्रॉन परमाणु के पूरे आयतन में एक समान रूप से वितरित रहते हैं जैसाकि चित्र 3.8 में रेखाचित्र द्वारा दिखाया गया है। यह माना गया कि परमाणु का द्रव्यमान समान रूप से वितरित रहता है। यह स्थापित किया गया कि परमाणु का आकार लगभग $10^{-10}$m या 1Å होता है। इस समय रदरफोर्ड ने परमाणु की संरचना व्यक्त करने तथा परमाणु में छोटे नाभिक की उपस्थिति की संस्थापना करने में (जहाँ पर व्यावहारिक रूप से परमाणु का सारा द्रव्यमान केंद्रित होता है) आधारभूत योगदान दिया। रदरफोर्ड और उनके सहयोगियों ने भारी धातुओं की पतली पन्नी (foil) से $\alpha$-कणों के प्रकीर्णन की जाँच की। चित्र 3.9 में उनके प्रयोग को रेखाचित्र द्वारा दिखाया गया है। यह प्रतिस्थापित हो चुका था कि $\alpha$-कण आयनित धनावेशित हीलियम परमाणु ($He^{2+}$) हैं। यह पाया गया कि भारी धातु की पतली पन्नी से निकलकर $\alpha$-कण सामान्यत: अपने मार्ग से एक डिग्री के चाप से विक्षेपित हो जाते हैं। $\alpha$-कणों का एक छोटा भाग बड़े कोणीय विक्षेपण से प्रकीर्णित होता है और बहुत कम प्रकीर्णित होकर वापस आ जाता है। यह सर्वविदित है कि $\alpha$-कण अत्यधिक ऊर्जावान कण हैं। उनका बड़े कोण का प्रकीर्णन यह प्रदर्शित करता है कि उनका पदार्थ के परमाणु के संपूर्ण द्रव्यमान से सीधा टकराव हुआ। रदरफोर्ड के शब्दों में –

***"यह निष्कर्ष लगभग उतना ही अविश्वसनीय है जैसे जितना कि टिशु पेपर के एक टुकड़े पर 15 इंच के गोले (तोप का गोला) के दागने पर उसका वापस आकर हमसे टकरा जाना"।***

इस परिणाम को समझने के लिए किए गए सरल परिकलन ने दर्शाया कि परमाणु का समस्त द्रव्यमान सूक्ष्म नाभिक में संकेंद्रित होना चाहिए। प्रकीर्णन प्रक्रम में होने वाले सभी प्रक्रम चित्र 3.9 में प्रदर्शित किए गए हैं। ये ऐतिहासिक परिणाम थे जिनसे परमाणु की संरचना को समझने में सहायता मिली। इससे स्पष्ट होता है कि परमाणु में एक भारी नाभिक है जिसका आकर परमाणु के आकार से $10^5$ गुना छोटा होता है अथवा इसका आकार $10^{-5}$Å या $10^{-15}$m होता है। इसे धनावेशित सोचा गया क्योंकि परमाणु के अन्य संघटक इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित होते हैं। नाभिक तथा इलेक्ट्रॉन की आपेक्षिक स्थितियों

*चित्र 3.8 : जे.जे. टॉम्सन द्वारा प्रस्तावित परमाणु का मॉडल। धनावेश एक समान रूप से 1Å त्रिज्या के गोले में वितरित है। (a) एक हाइड्रोजन का परमाणु है जिसमें एक इलेक्ट्रॉन है। (b) में दो इलेक्ट्रॉन गोले के व्यास पर स्थित हैं जिसमें केंद्रों के मध्य दूरी v है। इन इलेक्ट्रॉनों की केंद्र, C से दूरी गोले (हीलियम परमाणु) की त्रिज्या की आधी है। (c) में परमाणु में तीन इलेक्ट्रॉन हैं जो समबाहु त्रिभुज के कोनों पर स्थित हैं। इस त्रिभुज का केंद्र गोले के केन्द्र पर स्थित है। त्रिभुज की भुजाएँ गोले की त्रिज्या के बराबर हैं।*

को समझना अगली चुनौती थी।

एर्नेस्ट रदरफोर्ड
(1871-1937)

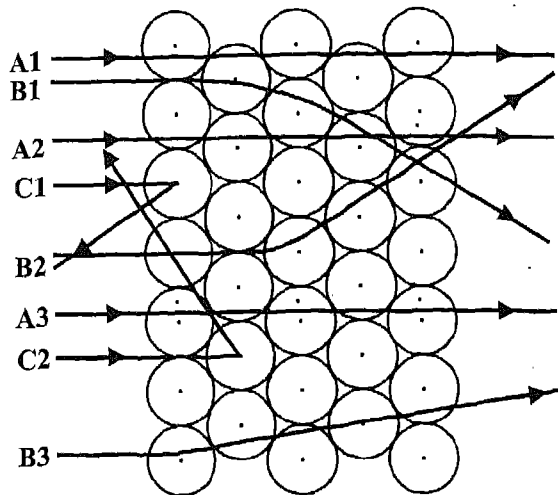
हाइड्रोजन का नाभिक **प्रोटॉन** कहलाता है। यह धनावेशित होता है तथा इसके आवेश का आयाम (magnitude) इलेक्ट्रॉन के आवेश आयाम के बराबर होता है। इसके अतिरिक्त इसका द्रव्यमान और आवेश/द्रव्यमान का अनुपात भी भलीभाँति स्थापित है।

**प्रश्न**

1. टॉम्सन के परमाणु प्रारूप के क्या अभिलाक्षणिक गुणधर्म हैं?
2. परमाणु के नाभिक की खोज किसने व कैसे की?
3. परमाणु नाभिक के आवश्यक गुणधर्म की व्याख्या कीजिए? इन गुणधर्मों की इलेक्ट्रॉन के गुणधर्मों से तुलना कीजिए।

## 3.5 परमाणु की संरचना

### 3.5.1 रदरफोर्ड मॉडल

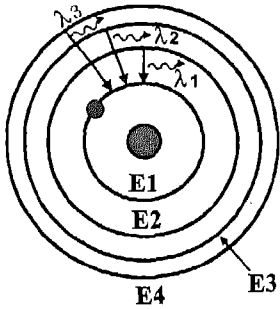
परमाणु मॉडल को विकसित करने के लिए रदरफोर्ड ने इलेक्ट्रॉन तथा नाभिक के गुणधर्मों तथा अभिलक्षणों के साथ ही साथ परमाणुओं के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम (emission spectrum) के प्रायोगिक परिणामों को भी संगठित किया। उन्होंने एक मॉडल प्रस्तुत किया जिसमें इलेक्ट्रॉनों को नाभिक के चारों ओर पूर्व नियोजित कक्षाओं में ऐसे घूमते हुए माना गया था जिस प्रकार कि हमारे सौरमण्डल में ग्रह, सूर्य के चारों ओर निश्चित कक्षाओं में घूमते हैं। फिर भी इलेक्ट्रॉन का कक्षाओं में घूमना स्थायी नहीं माना गया था। कोई भी आवेशित कण जब त्वरित (accelerate) होता है तो यह माना जाता है कि यह ऊर्जा को विकिरित (radiate) करेगा। इलेक्ट्रॉन को वृत्तीय कक्षा में रहने के लिए, त्वरण की आवश्यकता होगी। इसलिए यह ऊर्जा विकिरित करेगा। ऊर्जा की कमी के कारण कक्षा के आकार का संकुचन होगा जिसके फलस्वरूप कुछ ही समय में यह नाभिक से टकरा जाएगा। अतः इस

*चित्र 3.9 : रदरफोर्ड के मॉडल पर आधारित भारी धातुओं की पतली पन्नी द्वारा $\alpha$ - कणों के प्रकीर्णन का एक रेखाचित्र। अधिकतर $\alpha$ - कण विक्षेपित नहीं होते हैं (A 1, A 2, A 3), बहुत कम कण अपने मार्ग से कम विक्षेपित होते हैं (B 1, B 2, B 3), और $\alpha$ - कणों की कम संख्या बड़े कोण पर विक्षेपण करती है (C 1 और C 2)*

प्रकार के परमाणु से स्थायित्व की आशा नही की जा सकती है।

### 3.5.2 बोर मॉडल

नील्स बोर ने सन् 1912 ईस्वी में परमाणु का एक मॉडल प्रस्तावित किया, जो कि मूल रूप से नई संकल्पनाओं पर आधारित था। उन्होंने एक बड़ा प्रबल सुझाव दिया कि बड़े कणों की तुलना में परमाण्विक स्तर पर कण भिन्न व्यवहार प्रदर्शित करेंगे। बोर ने प्रस्तावित किया कि परमाण्विक स्तर के परिमापों पर, इलेक्ट्रॉन वैद्युत चुंबकीय तरंगों (electromagnetic waves) के रूप में लगातार ऊर्जा विकिरण किए बिना स्थाई कक्षा में घूम सकता है। बोर मॉडल के अनुसार, इलेक्ट्रॉन उस कक्ष में घूर्णन करते हैं, जिनमें निश्चित ऊर्जा होती है। सामान्य परिस्थितियों में निकाय (systems) की ऊर्जा निम्नतम होती है [माना कि E1 (चित्र 3.10)]। इसमें अधिक ऊर्जाओं वाले अन्य संभव कक्षा भी होते हैं, E2, E3, इत्यादि। यदि ऊर्जा प्रदान की जाए तो इलेक्ट्रॉन इन कक्षाओं में जा सकते हैं। इलेक्ट्रॉन केवल उन्हीं कक्षाओं में रह सकते हैं जिनके विविक्त (discrete) ऊर्जा स्तर होते हैं। जब एक इलेक्ट्रॉन उच्च ऊर्जा स्तर से एक निम्न ऊर्जा स्तर की कक्षा में आता है तो ऊर्जा का अंतर

वैद्युत चुंबकीय विकिरण अथवा प्रकाश के रूप में विकिरित होता है। चूँकि प्रत्येक परमाणु के विशिष्ट ऊर्जा स्तर होते हैं, यह विशिष्ट तरंगदैर्ध्य (wavelength) अथवा ऊर्जा की विकिरण का उत्सर्जन कर सकता है। इस मॉडल से विभिन्न परमाणुओं के अभिलाक्षणिक स्पेक्ट्रा तथा अन्य गुणधर्मों की व्याख्या संभव हो सकी। जब एक ऊर्जा मुक्त इलेक्ट्रॉन, जैसा कैथोड किरणों में होता है, एक परमाणु से टकराता है तो उसके कारण परमाण्विक इलेक्ट्रानों का उत्सर्जन हो सकता है।

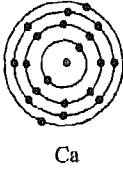
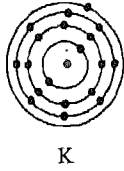
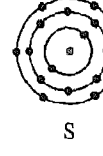
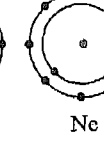
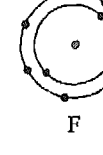
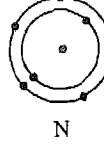
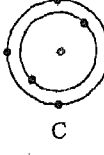
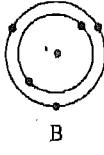
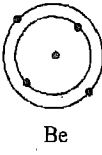
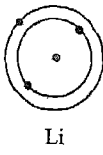
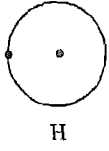
एक स्थाई कक्षा में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा संघट्ट (collision) के कारण इतने स्तर तक बढ़ जाती है कि यह उनके और धनावेशित नाभिक के बीच आर्कषण बल से अधिक होती है और इलेक्ट्रॉन परमाणु से बाहर हो जाता है। इससे गैसों के आयनीकरण को और उत्सर्जन नलिका (discharge tube) में कैथोड किरणों के बनने को भी समझा जा सका।

*चित्र 3.10 : इलेक्ट्रॉन के विभिन्न ऊर्जाओं के ऊर्जा स्तरों E1, E2, E3 तथा E4 को दर्शाता एक रेखीय चित्र। जब इलेक्ट्रॉन उच्च ऊर्जा स्तर, $E_2$ से निम्न ऊर्जा स्तर, $E_1$ में आता है तो विशिष्ट तरंगदैर्ध्य ($\lambda_1$) की विकिरण उत्सर्जित होती है।*

बोर मॉडल के अनुसार, विभिन्न कक्षाओं अथवा कोशों (shell) में भरने के लिए इलेक्ट्रॉनों की संख्या निश्चित होती है। कोश का होना दर्शाता है कि परमाणु एक त्रिविमीय इकाई है। प्रथम कोश में दो इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं। दूसरे कोश में अटठारह इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं, तीसरे कोश में भी आठ इलेक्ट्रॉन और इसी प्रकार आगे। हमें ज्ञात है कि हाइड्रोजन परमाणु सबसे हल्का परमाणु है। इसमें एक इलेक्ट्रॉन और इसके नाभिक में एक प्रोटॉन होता है जिसका आवेश इलेक्ट्रॉन के बराबर है परंतु यह धनावेशित होता है। प्रोटॉन का द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान का 1800 गुना होता है। प्रथम कोश में एक इलेक्ट्रॉन घूर्णन करता है। अगला परमाणु हीलियम का है जिसमें दो इलेक्ट्रॉन होते हैं। आवेश को उदासीन बनाए रखने के लिए, हीलियम के नाभिक में दो प्रोटॉन होने चाहिए। यद्यपि ऐसा जाना जाता था कि हीलियम परमाणु का द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान से लगभग चार गुना अधिक होता है।

**नील्स बोर**
**(1885-1962)**

इसलिए, शेष के आधे परमाणु द्रव्यमान की पुष्टि करने के लिए कुछ और कण या कणों को होना चाहिए। जैसा निम्नलिखित भाग में वर्णित है, न्यूट्रॉन की खोज ने इस समस्या का समाधान कर दिया। न्यूट्रॉन, लगभग प्रोटॉन की भाँति भारी होता है परंतु इस पर कोई आवेश नहीं होता। अब हम जानते हैं कि नाभिक में प्राथमिक कण के रूप से प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन होते हैं। हीलियम परमाणु के नाभिक में दो प्रोटॉन व दो न्यूट्रॉन होते हैं। सारणी 3.1 में आवर्त सारणी के प्रथम 20 बहुत हल्के तत्वों के विभिन्न कोशों में इलेक्ट्रॉनों के वितरण को दिखाया गया है। चित्र 3.11 पहले 20 तत्वों की परमाण्विक संरचनाओं को दर्शाता है।

**प्रश्न**

1. ई. रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित परमाणु के मॉडल के मुख्य अभिलक्षणों का वर्णन कीजिए। यह जे. जे. टॉम्सन द्वारा प्रस्तावित मॉडल से किस प्रकार भिन्न है?
2. परमाणु की संरचना को समझने में, ई. रदरफोर्ड के क्या-क्या आधारभूत योगदान हैं?
3. परमाणु नाभिक की उपस्थिति को किस प्रयोग ने स्थापित किया ? नाभिक के कौन-कौन से अभिलक्षण इस प्रयोग द्वारा व्युत्पन्न हुए ?
4. नील्स बोर द्वारा प्रस्तावित परमाणु के मॉडल में उसके द्वारा कौन-सी नई संकल्पना स्थापित की गई ?
5. परमाणु के विभिन्न कोशों में इलेक्ट्रॉनों की संख्या सीमित होती है या असीमित? कृपया उदाहरण सहित विस्तार से समझाइए।
6. निम्नलिखित परमाणुओं की इलेक्ट्रॉनिक संरचनाओं में क्या-क्या समानताएँ हैं ? लीथियम, सोडियम, पोटैशियम, हीलियम, निऑन, ऑर्गन, बेरिलियम, मैग्नीशियम और कैल्सियम।

*चित्र 3.11 : परमाणु संख्या Z=1 (हाइड्रोजन) से Z=20 (कैल्सियम) वाले परमाणुओं की संरचना। K और Ca के बाह्य इलेक्ट्रॉन चतुर्थ कोश में हैं यद्यपि तीसरे कोश में केवल 8 इलेक्ट्रॉन हैं जो कि उसकी 18 की क्षमता से बहुत कम है।*

## 3.6 न्यूट्रान की खोज

रदरफोर्ड द्वारा नाभिक की खोज किए जाने से हमें परमाणु की संरचना समझने में बहुत सहायता मिली। रेडियोऐक्टिव परमाणुओं के नाभिक β किरणें उत्सर्जित करने वाले तथ्य ने सुझाया कि इलेक्ट्रॉन नाभिक में उपस्थित होते हैं।

सन् 1920 ईस्वी में, रदरफोर्ड ने प्रस्तावित किया कि नाभिक के अंदर इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन उच्च स्थिर वैद्युत आकर्षण के कारण इतने करीब होते हैं कि दोनों को मिलाकर एक कण रूप में सोचा जा सकता है। इस कण पर कुल आवेश शून्य होगा। उन्होंने इस कण को न्यूट्रॉन का नाम दिया। इसका द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान के समान अपेक्षित था। न्यूट्रॉन को प्रयोगात्मक प्रेक्षण के लिए कई प्रयास किए गए। चूँकि ये आवेशित कण नहीं हैं इसलिए ये दूसरे पदार्थ के साथ प्रबलता से परस्पर अभिक्रिया नहीं करते और उनमें से आसानी से प्रवाहित हो सकते हैं। इस प्रकार न्यूट्रॉन का प्रेक्षण करना बहुत कठिन कार्य था। यह केवल वर्ष 1932 ईस्वी में संभव हुआ जब चैडविक (Chadwick) ने न्यूट्रॉन के अस्तित्व का निदर्शन किया जिससे आधुनिक विज्ञान की मुख्य समस्या का समाधान निकला।

**प्रश्न**

1. न्यूट्रॉन के अस्तित्व को किसनें प्रस्तावित किया ? इस पूर्वधारणा (assumption) का क्या आधार था ?
2. प्रायोगिक रूप से न्यूट्रॉन की खोज किसने की ? इस प्रयोग की आवश्यक बातें क्या थीं ?
3. न्यूट्रॉन के महत्त्वपूर्ण गुणधर्म क्या हैं? इनकी इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के गुणधर्मों से तुलना कीजिए।

## 3.7 परमाणु संख्या और परमाणु द्रव्यमान

पूर्वोल्लिखित परिचर्चा से यह स्पष्ट है कि किसी परमाणु के नाभिक का कुल धन आवेश परिमाण में इलेक्ट्रॉन के कुल आवेश के बराबर होता है परंतु

विपरीत प्रकृति में। यह इलेक्ट्रॉनिक आवेश इकाई रूप में प्रचलित है। इस प्रकार n इलेक्ट्रॉन वाले परमाणु के नाभिक में n इकाइयों का धनावेश संभावित होगा। परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या उसी क्रम में बढ़ती है जैसे आवर्त सारणी में परमाणु द्रव्यमान बढ़ते हैं। उदाहरण के लिए नाइट्रोजन परमाणु जो कि आवर्त सारणी में सातवाँ तत्व है, सात इलेक्ट्रॉन हैं और उसके नाभिक में सात इकाई धन आवेश होता है। **नील्स बोर के शब्दों में–**

***"कुल प्रायोगिक साक्ष्य इस परिकल्पना को सिद्ध करते हैं कि उदासीन परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या, उस संख्या के बराबर होती है जो तत्वों के द्रव्यमानों के बढ़ते क्रम में तत्व का स्थान दर्शाती है (जैसे मेंडलीफ की आवर्त सारणी में)। उदाहरण के लिए इस दृष्टि से ऑक्सीजन का परमाणु जो सारणी का आठवाँ तत्व है, में आठ इलेक्ट्रॉन और आठ धन इकाई आवेशों वाला नाभिक है।"***

चूँकि यह पाया गया कि आवर्त सारणी में परमाणुओं को उनके नाभिक के आवेश अनुसार व्यवस्थित करना एक वैज्ञानिक आधार है, इस पद्धति का सर्वत्र उपयोग किया गया। परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या उसकी **परमाणु संख्या** (atomic number) कहलाती है। परमाणु संख्याओं को Z से प्रदर्शित करते हैं। उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन के लिए Z=1, ऑक्सीजन के लिए Z=8 तथा सोडियम के लिए Z=11 इत्यादि। जैसे ऊपर बताया गया है, परमाणु का द्रव्यमान उसके नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की संख्या द्वारा निर्धारित किया जाता है।

परमाणु के नाभिक में उपस्थित कुल प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की संख्या उसकी **द्रव्यमान संख्या** कहलाती है। परमाणु संख्या, द्रव्यमान संख्या और तत्व के प्रतीक को निम्न प्रकार से लिखा जाता है :

द्रव्यमान संख्या
परमाणु संख्या **तत्व का प्रतीक**

उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन परमाणु और नाइट्रोजन परमाणु को $^{1}_{1}H$ और $^{14}_{7}N$ के रूप में निरूपित करते हैं।

यह पाया गया कि परमाणु द्रव्यमान, कई परमाणुओं के संदर्भ में, परमाणु संख्या के दुगुने नहीं होते हैं। उदाहरण के लिए, ऑक्सीजन परमाणुओं के संदर्भ में, परमाणु द्रव्यमान प्रोटॉन का 16 गुना है जबकि उसकी परमाणु संख्या 8 है (Z=8)। कई उदाहरणों में, ऐसा नहीं है। उदाहरणार्थ, क्रोमियम का Z=24 है परंतु परमाणु द्रव्यमान लगभग 52 इकाई (>2Z) है। Z के उच्च मानों में अंतर बहुत अधिक हो जाता है।

### 3.7.1 संयोजकता इलेक्ट्रॉन तथा संयोजकता

हम परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था की परिचर्चा कर चुके हैं। इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर विभिन्न कोशों में स्थिर होते हैं। अंतिम कोश के इलेक्ट्रॉन परमाणुओं के रासायनिक गुणधर्म निर्धारित करते हैं। साथ ही ये तत्व के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम के लिए भी उत्तरदायी होते हैं। ये इलेक्ट्रॉन **संयोजकता इलेक्ट्रॉन** (valence electron) कहलाते हैं। हमने देखा है कि हाइड्रोजन में केवल एक इलेक्ट्रॉन होता है जिसके रासायनिक गुणधर्म केवल इसी इलेक्ट्रॉन पर निर्भर करते हैं। आइए ऑक्सीजन का उदाहरण लें। प्रथम कोश में दो इलेक्ट्रॉन तथा द्वितीय कोश में छः इलेक्ट्रॉन होते हैं। द्वितीय कोश में कुल आठ इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं। दूसरे परमाणु के साथ यौगिक बनाने में, ऑक्सीजन परमाणु को अपने दूसरे कोश को पूर्णतः भरने के लिए दो इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होगी। इसलिए ऑक्सीजन का एक परमाणु हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के साथ संयोग करके जल का एक अणु बनाता है। हाइड्रोजन परमाणु के बाह्य दो इलेक्ट्रॉन ऑक्सीजन परमाणु के बाह्य कोश को पूर्ण करते हैं। जिन परमाणुओं के बाह्य कोश पूर्ण नहीं होते, वे रासायनिक रूप से सक्रिय होते हैं। जिनके बाह्य कोश पूर्ण होते हैं जैसे हीलियम (प्रथम कोश में दो इलेक्ट्रॉन) और निऑन (द्वितीय कक्ष में आठ इलेक्ट्रान) रासायनिक रूप से उदासीन होते हैं। किसी परमाणु के बाह्यतम कोश के इलेक्ट्रॉनों को **संयोजकता इलेक्ट्रान** कहते हैं (सारणी 3.1)। संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या परमाणु की संयोजकता (valency) को निर्धारित करती है। उदाहरण के लिए हाइड्रोजन की संयोजकता एक है। इसी प्रकार

सारणी 3.1 : आवर्त सारणी के प्रथम 20 तत्वों का इलेक्ट्रॉनिक वितरण।

| परमाणु | संकेत | इलेक्ट्रॉनों की संख्या | कोशों में इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था | इलेक्ट्रॉनों का वितरण | संयोजकता |
|---|---|---|---|---|---|
| हाइड्रोजन | H | 1 | प्रथम कोश में 1 | 1 | 1 |
| हीलियम | He | 2 | प्रथम कोश में 2 | 2 | 0 |
| लीथियम | Li | 3 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 1 | 2,1 | 1 |
| बेरिलियम | Be | 4 | प्रथम कोश में में 2 + द्वितीय कोश में 2 | 2,2 | 2 |
| बोरोन | B | 5 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 3 | 2,3 | 3 |
| कार्बन | C | 6 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 4 | 2,4 | 4 |
| नाइट्रोजन | N | 7 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 5 | 2,5 | 3 |
| ऑक्सीजन | O | 8 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 6 | 2,6 | 2 |
| फ्लुओरीन | F | 9 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 7 | 2,7 | 1 |
| निऑन | Ne | 10 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 | 2,8 | 0 |
| सोडियम | Na | 11 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 1 | 2,8,1 | 1 |
| मैग्नीशियम | Mg | 12 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 1 | 2,8,2 | 2 |
| ऐलुमिनियम | Al | 13 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 3 | 2,8,3 | 3 |
| सिलिकन | Si | 14 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 4 | 2,8,4 | 4 |
| फॉस्फोरस | P | 15 | प्रथम कोश में 2 + द्विवितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 5 | 2,8,5 | 3,5 |
| सल्फर | S | 16 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोशों में 8 + तृतीय कोश में 6 | 2,8,6 | 2 |
| क्लोरीन | Cl | 17 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 7 | 2,8,7 | 1 |
| ऑर्गन | Ar | 18 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 8 | 2,8,8 | 0 |
| पोटैशियम | K | 19 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 8 + चतुर्थ कोश में 1 | 2,8,8,1 | 1 |
| कैल्सियम | Ca | 20 | प्रथम कोश में 2 + द्वितीय कोश में 8 + तृतीय कोश में 8 + चतुर्थ कोश में 2 | 2,8,8,2 | 2 |

Li, Na और K की संयोजकता बाह्यतम भी एक है क्योंकि उनके कोश में एक इलेक्ट्रॉन है। Mg, Ca और Ba की संयोजकता दो है क्योंकि उनके बाह्यतम कोश में दो इलेक्ट्रॉन होते हैं। इसी प्रकार, सोडियम का एक परमाणु क्लोरीन के एक परमाणु के साथ संयोग करके सोडियम क्लोराइड बनाता है।

जब परमाणु के बाह्यतम कोश में उसकी लगभग पूर्ण क्षमता के बराबर इलेक्ट्रान होते हैं, तब संयोजकता दूसरी प्रकार से निर्धारित करते हैं। इसमें संयोजकता, उन इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है जिनको प्राप्त कर कोश पूर्ण हो जाता है। उदाहरणार्थ, आक्सीजन में आठ इलेक्ट्रान की क्षमता वाला दूसरा कोश बाह्यतम कोश होता है। चूँकि इसमें छः इलेक्ट्रॉन उपस्थित होते हैं। अतः इसे पूर्ण रूप से भरने के लिए दो इलेक्ट्रॉनों की आवश्यकता होती है। इसी प्रकार, जैसा सारणी 3.1 में दिखाया गया है, क्लोरीन परमाणु के सत्रह इलेक्ट्रॉनों को इस प्रकार वितरित करते हैं– 2 (प्रथम कोश), 8 (द्वितीय कोश) और 7 (तृतीय कोश)। इसको अपने बाह्यतम कोश को पूर्ण करने के लिए केवल एक इलेक्ट्रॉन चाहिए, इसलिए इसकी संयोजकता एक है।

**प्रश्न**

1. परमाणु संख्या को परिभाषित कीजिए। क्या यह आवर्त सारणी में परमाणु के स्थान से संबंधित हैं? यदि हाँ, तो कैसे ?
2. द्रव्यमान संख्या को परिभाषित कीजिए। द्रव्यमान संख्या परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों से कैसे संबंधित है ?
3. संयोजकता को परिभाषित कीजिए। यह परमाणु संरचना से कैसे संबंधित है ?

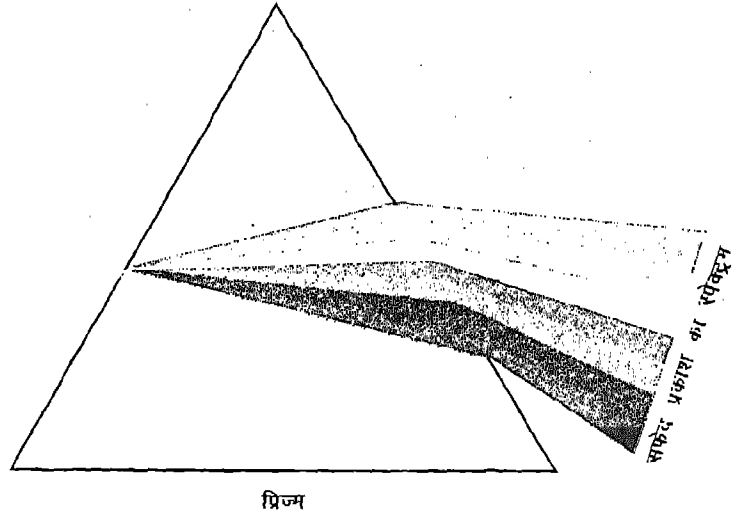
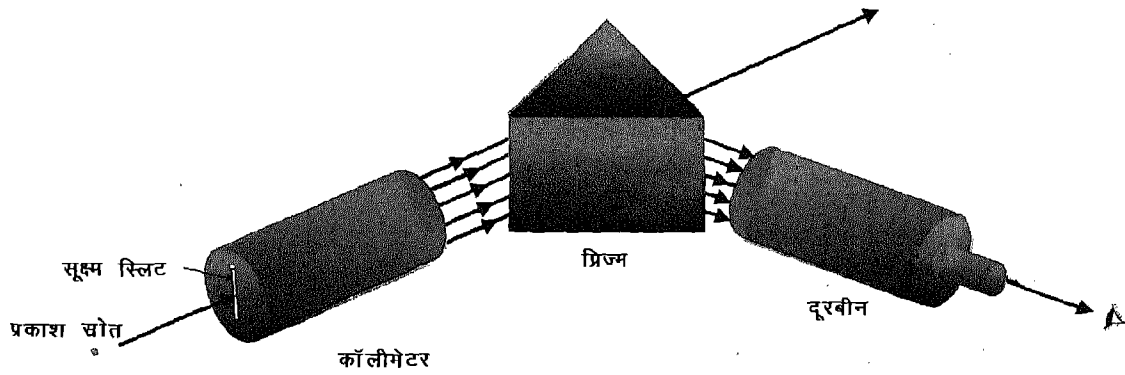
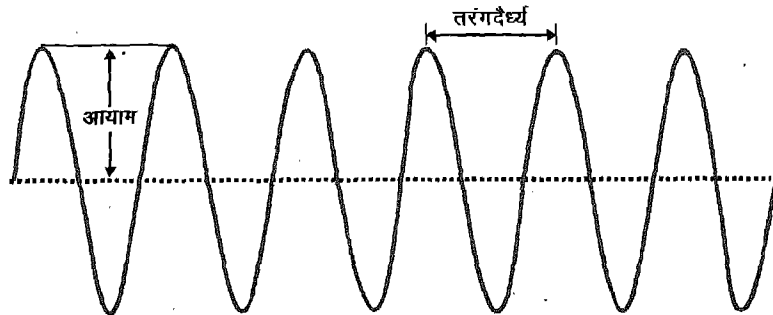
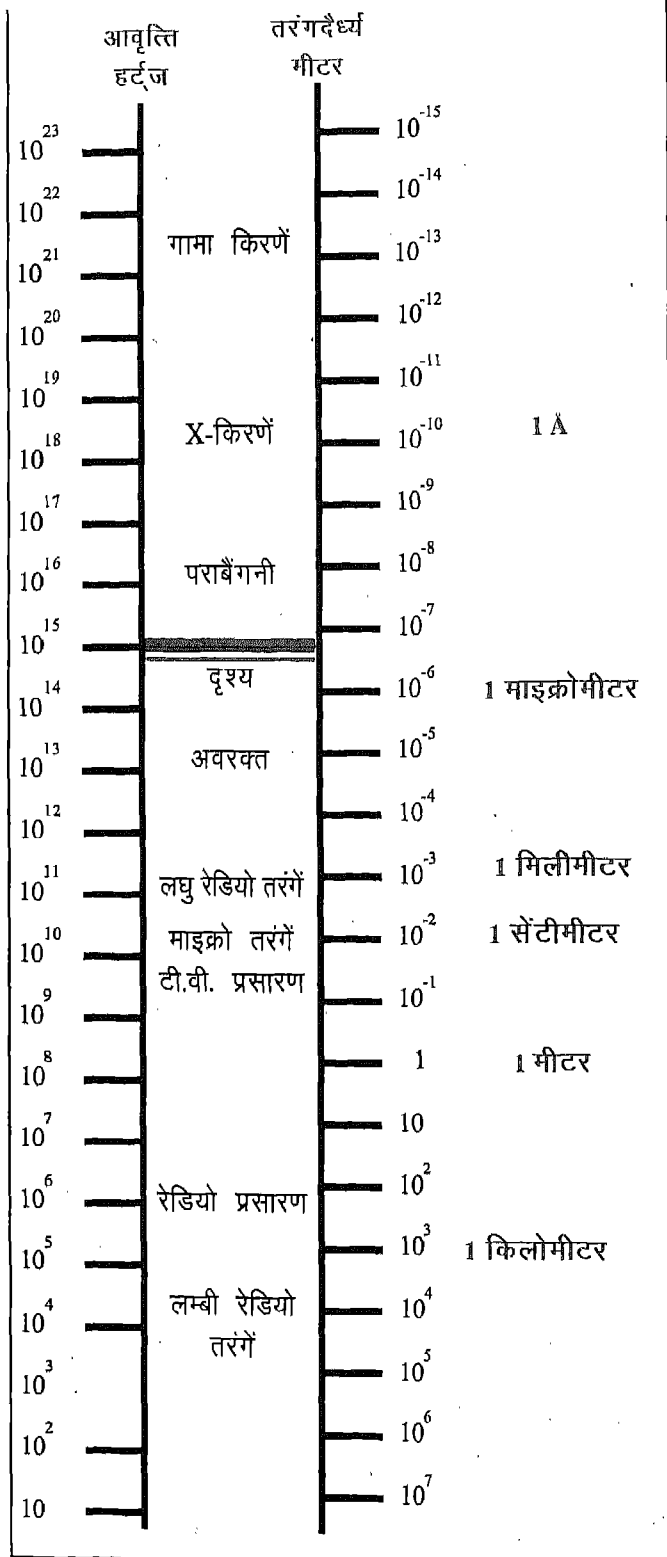
## 3.8 समस्थानिक

जैसा ऊपर उल्लेख किया गया है कि जे.जे. टॉम्सन (J.J. Thomson) ने स्थिर **वैद्युत** (Electrostatic) **तथा चुंबकीय क्षेत्र** में कैथोड किरणों के विक्षेपण (deflection) की जाँच की। बाद में उन्होंने कई गैसों के आयनित (ionised) परमाणुओं की भी जाँच की। उन्होंने पाया कि ये आयनित परमाणु भी वैद्युत और चुंबकीय क्षेत्रों में विक्षेपित हो सकते थे। जैसे ऊपर विवरण दिया गया है, इस विधि का उपयोग करके वह आवेश/द्रव्यमान अनुपातों के मान को निर्धारित कर सकते थे। वास्तव में, इस विधि का परमाणु के द्रव्यमान को ज्ञात करने में प्रयुक्त किया जा सकता था क्योंकि वैद्युत अपघटन के प्रयोगों द्वारा आयनित परमाणु के आवेश को निर्धारित किया जा सकता था। समान्यतः यह विधि **द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमिति** (Mass Spectrometry) कहलाती है (चित्र 3.6)। इन प्रयोगों में पाया गया कि कई तत्वों के आयनित परमाणु एकमात्र द्रव्यमान नहीं देते हैं। एक ही तत्व के परमाणुओं के एक से अधिक द्रव्यमान होते हैं। इन परमाणुओं के रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं। आयनित स्पीशीज के आवेश भी बिल्कुल समान होते हैं। ***ये स्पीशीज जो द्रव्यमान में असमान परन्तु नाभिक पर समान वैद्युत आवेश (समान प्रोटॉनों की संख्या) और रासायनिक गुणधर्मों में समान होती हैं, समस्थानिक कहलाती हैं।*** रेडियोऐक्टिव पदार्थ जैसे यूरेनियम के सदंर्भ में समस्थानिकों का एक महत्त्वपूर्ण स्थान है। अनेक तत्वों के कई समस्थानिक हैं।

### 3.8.1 समस्थानिकों के अनुप्रयोग

किसी तत्व में समस्थानिक की आपेक्षिक सांद्रता (relative concentration) स्थिर होती है। किसी पदार्थ के समस्थानिकों की आपेक्षिक बाहुल्य (relative abundance) के निर्धारण का प्राचीन समय के पौधों अथवा उत्खनन (excavation) से प्राप्त जानवरों और मानवों के कंकालों के काल निर्धारण करने के लिए उपयोग में लिया जाता है। **पुरातत्ववेत्ता** इस काल निर्धारण तकनीक का लगातार उपयोग कर रहे हैं। यूरेनियम के संदर्भ में यह ज्ञात है कि परमाणु द्रव्यमान 238 वाले समस्थानिक का बाहुल्य होता है परंतु इसमें विखण्डन (fission) प्रक्रम नहीं होता है। दूसरी ओर 235 द्रव्यमान वाले समस्थानिक का विखण्डन (fission) होता है जिसके परिणामस्वरूप ऊर्जा उत्पन्न होती है। इसकी सापेक्ष सांद्रता बहुत कम होती है और इसको समस्थानिक 238 से अलग करना आसान कार्य नहीं होता है। जिसका (235 द्रव्यमान) उपयोग वैद्युत शक्ति को उत्पन्न करने तथा विस्फोटक युक्तियों के निर्माण में होता है। रासायनिक विधियों से समस्थानिकों को विलगित नहीं किया जा सकता है क्योंकि इनके रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं। कैंसर जैसी घातक बीमारियों के डाक्टरी इलाज में

# वैद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में प्रकाश और परमाणुओं के स्पेक्ट्रम

उन्नीसवीं सदी के पूर्वार्द्ध में वैज्ञानिकों ने प्रकाश की वास्तविक प्रकृति की खोज की। आप पहले पढ़ चुके हैं कि जब श्वेत प्रकाश को प्रिज्म से गुजारा जाता है तो वह सात वर्णों–बैंगनी, नीला, आसमानी, हरा, पीत, नारंगी और लाल में विभक्त हो जाता है जैसा कि चित्र 3.12 में दर्शाया गया है। बैंगनी वर्ण अपने वास्तविक पथ से अधिकतम कोण द्वारा विचलित होता है। लाल वर्ण का विचलन कोण निम्नतम होता है। हम सभी जानते हैं कि कोई भी शुद्ध पदार्थ उच्च ताप पर गर्म करने पर प्रकाश उत्सर्जित करता है। ज्वाला (अग्नि) भी प्रकाश उत्पन्न करती है। लकड़ी, तेल के लैम्प, मोमबत्ती अथवा खाना बनाने वाली गैस के जलने से उत्पन्न ज्वालाएँ इसके मुख्य उदाहरण हैं। यदि हम थोड़ी सी मात्रा में साधारण नमक को ज्वाला पर छिड़कें तो पीत प्रकाश उत्सर्जित होता है। आपने कई सड़कों पर बहुत से विद्युत लैम्पों को पीत प्रकाश उत्सर्जित करते देखा होगा। इन लैम्पों को सोडियम लैम्प कहते हैं। यदि कॉपर के किसी एक लवण को उदाहरणार्थ, कॉपर सल्फेट की ज्वाला पर छिड़कें तो मुख्यतः नीला–हरा वर्ण उत्सर्जित होता है। इसी प्रकार हम आतिशबाजी में उत्सर्जित विभिन्न वर्णों को देखते हैं। वैद्युत चिंगारी भी प्रकाश उत्पन्न करती है। बादलों के बीच वैद्युत उत्सर्जन के फलस्वरूप उत्पन्न चमक प्रकाश का प्रबल स्रोत है। इस समय यह भली भाँति ज्ञात था कि यदि वायु या दूसरी गैसों के दाब को कम करने के पश्चात् विद्युत धारा प्रवाहित की जाए तो विभिन्न वर्ण का प्रकाश उत्पन्न हो सकता है। अधिकतर शहरों और कस्बों में कई विज्ञापनों में लाल निऑन प्रकाश को आप रात्रि में देख सकते हैं। ये वो नलियाँ हैं, जिनमें निऑन गैस लाल वर्ण का प्रकाश उत्पन्न करती है। 1800वीं सदी के उत्तरार्द्ध में प्रिज्म के साथ विभिन्न स्रोतों द्वारा प्रकाश के विश्लेषण करने के लिए सावधानीपूर्वक किए प्रयोगों से कई असाधारण परिणाम प्राप्त हुए। विलियम हर्शेल (William Herschel) ने प्रिज्म द्वारा उत्पन्न विभिन्न वर्णों की किरण पुंजों के तापक्रम को मापने पर उनमें पर्याप्त बढ़ा हुआ तापक्रम पाया। इसके अतिरिक्त थर्मामीटर को लाल वर्ण के परे रखने पर भी उन्होंने तापक्रम में वृद्धि पाई। इसके आधार पर उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि प्रिज्म लाल वर्ण से परे भी वर्णों का प्रकाश उत्पन्न करता है जो कि नग्न आँखों से नहीं दिखाई देता है। इन किरणों को अवरक्त किरणें (Infra red rays) कहा जाता है। बाद में पाया गया कि बैंगनी किरणों से परे भी प्रकाश पुंज होते हैं इन्हें पराबैंगनी किरणें कहा जाता है। यह प्रेक्षित किया गया कि ज्वाला पर साधारण नमक छिड़कने पर उत्पन्न पीत प्रकाश को प्रिज्म से गुजारने पर एक सुव्यक्त पीत पुंज उत्पन्न हुई जो काले क्षेत्रों से घिरी हुई थी। विभिन्न स्रोतों से उत्सर्जित प्रकाश को विश्लेषित करने के लिए प्रिज्म एक प्रबल युक्ति सिद्ध हुई। इसको पतली स्लिट और लैंस के साथ संयुक्त किया गया जैसा कि चित्र 3.13 में दिखाया गया है। प्रकाश किरण पुंज को प्रिज्म में से परिच्छेद (passage) करने के पश्चात् देखा गया कि वे अत्यावश्यक रूप से पतली स्लिटों के प्रतिबिम्ब थे। वर्ष 1840 में फोटोग्राफी की खोज से प्रिज्म द्वारा उत्पन्न प्रकाश किरण पुंज की फोटोग्राफिक प्लेट पर रिकार्ड करना संभव हो पाया था। पिज्म द्वारा उत्पन्न प्रकाश के किरण पुंजों के संग्रह को प्रकाश के स्पेक्ट्रम के नाम से जाना जाता है। यह देखा गया कि विभिन्न पदार्थों की जब ज्वाला या विसर्जन में से प्रकाश उत्सर्जित कराया गया तो वे अपने अभिलाक्षणिक स्पेक्ट्रम उत्पन्न करते थे। 19वी शताब्दी के उत्तरार्द्ध में जेम्स क्लार्क मैक्सवैल (James Clark Maxwell) ने प्रस्ताव दिया कि सभी प्रयोगात्मक एवं सैद्धांतिक परिणाम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि प्रकाश तरंग के रूप में एक वैद्युत चुम्बकीय विक्षोभ (disturbance) है जो अंतरिक्ष में संचारित हो सकता है। इस सिद्धांत ने वैद्युत चिंगारी और वैद्युत विसर्जन में प्रकाश की व्याख्या की। तरंग गति को तरंगदैर्ध्य द्वारा अभिलाक्षणिक किया जाता है जिसे चित्र 3.14 में दिखाया गया है। प्रकाश के प्रकरण में तरंगदैर्ध्य नितान्त कम होती है। दृश्य स्पेक्ट्रम के बैंगनी सिरे की तरंगदैर्ध्य लगभग 400 nm या 4000 Å और लाल सिरे की तरंगदैर्ध्य लगभग 800 nm या 8000 Å होती है। स्पेक्ट्रम के अवरक्त भाग की तरंगदैध्य 800 nm से दीर्घतर होती है। ये लगभग 1 cm या उससे आगे की तरंगदैर्ध्य की सूक्ष्म तरंगों तक विस्तृत हो जाते हैं जो कि टेलीविजन सिगनल के प्रेषण में उपयोग होती है। रेडियो सिगनल फिर भी दीर्घतर तरंगदैर्ध्य पर प्रेषित होते हैं। सामान्य रेडियो संचरणों में प्ररूपी रेडियो तरंगो की तरंगदैर्ध्य कई सौ मीटर होती है। चित्र 3.15 में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के साथ साथ दैनिक जीवन में भी रुचि के कई क्षेत्रों को अच्छादित करते हुए वैद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम को दिखाया गया है। जैसा कि ऊपर कहा गया है सभी तत्व अपने-अपने अभिलाक्षणिक स्पेक्ट्रा देते हैं। सोडियम परमाणु के स्पेक्ट्र में 589 nm और 589.6 nm तरंगदैर्ध्य की दो सुस्पष्ट पीत वर्ण की किरण पुंज होती हैं। इसी प्रकार से मर्करी 435.8 nm तरंगदैध्य की प्रबल विकिरणें उत्सर्जित करता है। सभी परमाणु अभिलाक्षणिक तरंगदैर्ध्यो की विकिरणें उत्सर्जित करते हैं। जब सूर्य और दूसरे तारों की विकिरणों का विश्लेषण किया तो पाया गया। कि वे भी विभिन्न परमाणुओं से बने हैं तथा उनके अभिलाक्षणिक विकिरण होते हैं। अभिलाक्षणिक तरंगदैर्ध्य का अज्ञात पदार्थों के परमाणुओं की पहचान करने तथा तारों एवं उसके जैसे पिण्डों के संघटन के निर्धारण में उपयोग किया गया है। आज तक भी वस्तुओं के रासायनिक संघटनों का अधिकतर निर्धारण इस तकनीक के उपयोग से किया जाता है।

*चित्र 3.12 : सफेद प्रकाश की किरण पुंज को जब प्रिज़्म से गुजारा जाता है तो वह सात वर्णों में विभक्त हो जाती है। सफेद किरण पुंज की दिशा से लाल किरण पुंज का निम्नतम विचलन तथा बैंगनी किरण पुंज का अधिकतम विचलन होता है।*

*चित्र 3.13 : परमाणु स्पेक्ट्रा के अध्ययन के लिए प्रयुक्त प्रिज्म स्पेक्ट्रोस्कोप (Spectroscope)। प्रकाश के स्रोत से कॉलीमेटर (Collimator) के प्रवेश द्वार पर पतले स्लिट द्वारा प्रकाश डाला जाता है। प्रकाश की किरण पुंज कॉलीमेटर से समानान्तर की जाती है। प्रिज़्म अपने अंदर से प्रवाहित प्रकाश को विभिन्न वर्णों या तरंगदैर्ध्य की किरण पुंज में विलगित कर देता है। स्पेक्ट्रम को दूरबीन से देखते हैं।*

*चित्र 3.14 : तरंग गति को दर्शाता रेखीय चित्र। तरंगदैर्ध्य और आयाम दिखाए गए हैं।*

*चित्र 3.15 : विज्ञान, प्रौद्योगिकी और तकनीकी के रुचि के क्षेत्रों से संबंधित वैद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम ।*

राबर्ट ए. मिलिकन (Robert A. Millikan) ने उन्नीसवीं सदी के अंत में प्राप्त रोमांचक निष्कर्षों का इस प्रकार संक्षिप्त विवरण दिया :

*"...इस समय तक केवल एक प्रकार का आयनीकरण ज्ञात था जो कि विलयन में दिखता था और यहाँ हमेशा कुछ यौगिक अणु जैसे $NaCl$ जो स्वतः धनावेशित $Na^+$ तथा ऋणावेशित $Cl^-$ आयनों में टूटते रहते हैं। परंतु गैसों में X-किरणों द्वारा उत्पन्न आयनीकरण बिल्कुल ही भिन्न था जो कि शुद्ध गैसों जैसे ऑक्सीजन या नाइट्रोजन या एक परमाण्विक गैसें जैसे ऑर्गन और हीलियम के लिए प्रदर्शित होता था। स्पष्टतः तब एक परमाण्विक पदार्थ के संघटक उदासीन परमाणु में भी कुछ वैद्युत आवेश होता है। यह एक पहला सीधा प्रमाण था कि (1) परमाणुओं की संरचना होती है, और (2) विद्युत आवेशों द्वारा परमाणु संरचना पूर्ण होती है। इस खोज के साथ, नए माध्यम X-किरणों के उपयोग से इस धारणा का अंत हुआ कि परमाणु एक अविभाज्य कण है तथा परमाणु के संघटकों की खोज का नया युग आरंभ हुआ....*

*वैज्ञानिकों ने तुरंत निम्न प्रकार के प्रश्नों का आंशिक उत्तर ढूँढ़ना शुरू किया :*

1. *X-किरणों और समान तकनीकों द्वारा प्राप्त निम्न प्रकार के परमाणुओं के संघटकों का द्रव्यमान क्या होगा ?*
2. *इन संघटकों के आवेशों के मान क्या-क्या है ?*
3. *परमाणुओं के कितने संघटक हैं ?*
4. *वे कितने बड़े हैं ? या कितना आयतन घेरते हैं ?*
5. *प्रकाश और ऊष्मा तरंगों (Heat Waves) या वैद्युत चुंबकीय तरंगों के उत्सर्जन और अवशोषण से उनका क्या संबंध है ?*
6. *क्या सभी परमाणुओं के समान संघटक होते हैं ?..."*

भी समस्थानिकों का उपयोग होता है। विशेषतः इसमें रेडियोऐक्टिव समस्थानिकों का अत्यधिक उपयोग होता है। इनमें मुख्यतः द्रव्यमान संख्या 60 वाले कोबाल्ट समस्थानिक का उपयोग होता है। यह उच्च ऊर्जा वाली गामा किरणें देता है जो कैंसर से पीड़ित रोगी की दुर्दम (malignant) कोशिकाओं को खत्म करने में सहायता करती हैं।

**प्रश्न**

1. समस्थानिकों की परिभाषा दीजिए। समस्थानिकों के मुख्य अभिलक्षण क्या-क्या हैं ?
2. उस प्रयोग की मुख्य विशेषताओं का वर्णन कीजिए, जिससे समस्थानिकों की खोज हुई।
3. समस्थानिकों के मुख्य अनुप्रयोग क्या-क्या हैं ?

## आपने क्या सीखा

- विलियम क्रूक्स (William Crookes), जे.जे. टॉम्सन तथा अन्य वैज्ञानिकों द्वारा विसर्जन नलिका के साथ किए अध्ययन के फलस्वरूप जे.जे. टॉम्सन द्वारा इलेक्ट्रॉनों की खोज हुई। लगभग उसी समय जे.जे. टॉम्सन द्वारा धनात्मक किरणों तथा रून्टगेन (W.K. Roentgen) द्वारा X-किरणों की भी खोज हुई।
- जे.जे. टॉम्सन ने इलेक्ट्रॉन के आवेश/द्रव्यमान अनुपात का मान और मिलिकन (R.A. Millikan) ने इलेक्ट्रॉन के आवेश का मान ज्ञात किया तथा इन मानों से इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान को मापा गया।
- विसर्जन नलिका में गैसों के आयनीकरण और दूसरे तथ्यों से सिद्ध हुआ कि परमाणुओं की एक संरचना होती है।
- रदरफोर्ड के अल्फा ($\alpha$) किरण प्रकीर्णन का पथ प्रदर्शक कार्य ही परमाणु नाभिक की खोज तथा उसके मुख्य अभिलक्षण के लिए उत्तरदायी था।
- रदरफोर्ड ने परमाणु संरचना का एक मॉडल दिया जिसमें इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर परिक्रमण करते हैं। यह मॉडल परमाणुओं के स्थायित्व को स्पष्ट नहीं कर पाया। नील्स बोर ने परमाणु का सफलतम मॉडल दिया। परमाणु के विभिन्न कोशों में इलेक्ट्रॉनों के वितरण का वर्णन किया गया।
- चैडविक द्वारा न्यूट्रॉन की खोज से निष्कर्ष निकला कि परमाणु का नाभिक न्यूट्रॉनों तथा प्रोटॉनों से मिलकर बनता है। इससे नाभिक के आवेश तथा द्रव्यमान को स्पष्ट समझने में सहायता मिली।
- हेनरी बैकेरल (Henri Becquerel) ने रेडियोऐक्टिवता की परिघटना की खोज की। मेरी क्यूरी तथा पियरे क्यूरी दंपति (Marie Curie and Pierre Curie) ने महत्त्वपूर्ण तथा प्रबल रेडियोऐक्टिव तत्त्व–रेडियम की खोज की।
- समस्थानिकों की प्रकृति तथा अनुप्रयोगों का वर्णन किया गया।
- इलेक्ट्रॉनिक संरचना के संदर्भ में परमाणु की संयोजकता के बारे में परिचर्चा की गई।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. यदि हम चित्र 3.3 में (i) P 1 और P 2 प्लेटों के बीच की वोल्टता को बढ़ा दें, (ii) कैथोड C और ऐनोड A के बीच वोल्टता को बढ़ा दें, और (iii) P 1 और P 2 की ध्रुवता को विपरीत कर दें, तो कैथोड किरणों के निक्षेपण का क्या होगा ? कारण सहित समझाइए।
2. चित्र 3.3 में यदि विसर्जन नलिका में (i) $^1/_2$ इलेक्ट्रॉनिक आवेश, (ii) 1 इलेक्ट्रॉनिक आवेश, तथा (iii) 2 गुना इलेक्ट्रॉनिक आवेश के इलेक्ट्रॉन उपस्थित हों, तो कैथोड किरणों का क्या होगा ?
3. आपको ज्ञात है कि इलेक्ट्रॉन के e/m का मान प्रोटॉन या $H^+$ के e/m के मान से 2000 गुना अधिक होता है। इलेक्ट्रॉन के e/m के सापेक्ष $He^+$ और $He^{2+}$ के आवेश/द्रव्यमान अनुपात का परिकलन कीजिए। हीलियम का द्रव्यमान हाइड्रोजन के द्रव्यमान से चार गुना अधिक है।

4. आपको चार्ट पेपर पर हाइड्रोजन परमाणु का चित्र खींचना है जिसमें उसके नाभिक तथा इलेक्ट्रॉन वृत्तीय कक्ष में इलेक्ट्रॉन दर्शाए गए हों। एक रुपये के सिक्के को नाभिक मानें। इस माप का चित्र बनाने के लिए कम से कम किस साइज़ के चार्ट पेपर की आवश्यकता होगी ?
5. रेडियो तरंगें, X-किरणें, पराबैंगनी किरणें, दृश्य किरणें और अवरक्त किरणों के तरंगदैर्ध्यों को बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए।
6. कैथोड किरणों और कैनाल किरणों की मुख्य विभिन्नताओं का वर्णन करो। कैनाल किरणों को 'कैनाल किरणें' क्यों कहते हैं ?
7. X-किरणें तथा रेडियोऐक्टिव पदार्थों द्वारा उत्सर्जित विकिरणों की आवश्यक विभिन्नताओं का वर्णन कीजिए।
8. रेडियोऐक्टिव समस्थानिकों के प्रायोगिक अनुप्रयोगों को विशिष्ट उदाहरणों सहित समझाइए।
9. न्यूट्रॉन की खोज ने परमाणु संरचना की कौन-सी समस्या का समाधान किया ?
10 निम्नलिखित परमाणुओं के विभिन्न कोशों में इलेक्ट्रॉनों के वितरण का वर्णन कीजिए :

   लीथियम, नाइट्रोजन, निऑन, मैग्नीशियम और सिलिकन।
11. परमाणु द्रव्यमान और परमाणु संख्या को परिभाषित कीजिए। तत्व के प्रतीक के चारों ओर इन्हें कैसे निरूपित करते हैं ?
12. हाइड्रोजन, हीलियम, सोडियम तथा फास्फोरस के नाभिक के घनत्व का परिकलन कीजिए। उनके आकार को एक समान मान सकते हो।

# तत्वों का वर्गीकरण
## (Classification of Elements)

अब तक कुल एक सौ चौदह (114) तत्व ज्ञात हैं तथा भविष्य में इससे भी अधिक तत्वों के ज्ञात होने की संभावना है। इन सभी तत्वों की संरचना भिन्न-भिन्न परमाणुओं द्वारा होती है अतः सभी तत्वों के गुणधर्म अलग-अलग हैं। इन तत्वों के परस्पर संयोग के परिणामस्वरूप दस लक्ष (million) से भी अधिक यौगिक निर्मित हुए हैं। इन सभी तत्वों के गुणधर्मों एवं उपयोगों का अलग-अलग अध्ययन करना एक कठिन कार्य है। अतः इन सभी तत्वों को वैज्ञानिकों ने उनके गुणधर्मों में समानताओं के आधार पर, समूहों में वर्गीकृत किया है। पदार्थों का वर्गीकरण, उनको समझना तथा उनके गुणधर्मों की प्रागुक्ति (predict) करना, चूँकि विज्ञान का एक मूलभूत उद्देश्य है इसलिए उपरोक्त प्रयास इस दिशा में एक महत्त्वपूर्ण चरण था।

### 4.1 तत्वों के वर्गीकरण के पूर्व प्रयास

सन् 1803 ईस्वी में डाल्टन (Dalton) नामक रसायनज्ञ ने सापेक्ष परमाणु भारों, जिसको आजकल परमाणु द्रव्यमानों के रूप में स्वीकार किया गया है, की एक सारणी प्रकाशित की थी। इस सारणी ने तत्वों के वर्गीकरण के लिए एक महत्त्वपूर्ण नींव का कार्य किया।

पूर्व में किए गए प्रयासों में डॉबेराइनर (Döbereiner) द्वारा सन् 1829 ईस्वी में तत्वों के वर्गीकरण अथवा तत्वों का समूहीकरण करना सम्मिलित है। डॉबेराइनर ने बताया कि "रासायनिक समानताओं से युक्त तत्वों के कुछ त्रिक (Triads) पाए जाते हैं जिनको यदि उनके परमाणु द्रव्यमानों के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित किया जाए, तो मध्य तत्व का परमाणु द्रव्यमान एवं उसके गुणधर्मों का मान, त्रिक के प्रथम एवं तृतीय तत्वों के औसत मान द्वारा प्रदर्शित होता है।" इस प्रकार के कुछ उदाहरण सारणी 4.1 में दिए गए हैं।

तत्वों का त्रिक वर्गीकरण, मध्य तत्व का परमाणु द्रव्यमान एवं उसके गुणधर्मों की प्रागुक्ति हेतु एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण स्थान रखता था। फिर भी, केवल कुछ ही तत्वों को ऐसे त्रिकों में व्यवस्थित किया जा सका है।

**सारणी 4.1 : तत्वों के डॉबेराइनर त्रिक**

| *तत्व* | *परमाणु द्रव्यमान* | *त्रिक के प्रथम एवं तृतीय सदस्यों के परमाणु द्रव्यमानों का औसत मान* |
|---|---|---|
| लीथियम | 7 | $\frac{7+39}{2} = 23$ |
| सोडियम | 23 | |
| पोटैशियम | 39 | |
| क्लोरीन | 35.5 | |
| ब्रोमीन* | 79/81 | $\frac{35.5+127}{2} = 81.25$ |
| आयोडीन | 127 | |

* ब्रोमीन के दो आइसोटोप पाये जाते हैं।

सन् 1864 ईस्वी में न्यूलैंड (Newlands) ने तत्वों को उनके परमाणु द्रव्यमानों के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित किया था। इस प्रकार की व्यवस्था में उन्होंने पाया कि जिस प्रकार से संगीत के स्वरों में प्रथम एवं अष्टम स्वर एक ही होते हैं उसी प्रकार से तत्वों के गुणधर्मों में समानता होती है अर्थात्, आठवें तत्व के गुणधर्म, पहले तत्व के गुणधर्मों की ही पुनरावृत्ति करते हैं। इसको **अष्टक का नियम** (Law of octaves) कहते हैं। इस प्रकार से व्यवस्थित आठ तत्वों के समूह को **न्यूलैंड अष्टक** कहते है। इस प्रकार के तत्वों के कुछ **न्यूलैंड अष्टक** सारणी 4.2 में दिए गए हैं।

**सारणी 4.2 : न्यूलैंड के अष्टक नियम के अनुसार तत्वों की व्यवस्था।**

| क्रम संख्या | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| तत्व | Li | Be | B | C | N | O | F |
| क्रम संख्या | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| तत्व | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl |
| क्रम संख्या | 15 | | | | | | |
| तत्व | K | | | | | | |
| संगीत स्वर | सा | रे | गा | मा | पा | धा | नी |
| | सा | | | | | | |

सारणी 4.2 से हम यह निष्कर्ष प्राप्त कर सकते हैं कि क्रम संख्या 8 पर स्थित तत्व सोडियम के गुणधर्म क्रम संख्या 1 पर स्थित लीथियम के गुणधर्मों के समान ही होते हैं। तत्वों को इस प्रकार से **ऊर्ध्वाधर स्तंभों** (vertical columns) जिसको वर्ग कहते हैं तथा **क्षैतिज कतारों** (horizontal rows) जिसको आवर्त (period) कहते हैं, में व्यवस्थित करने के कारण स्वयं स्पष्ट हो जाते हैं। तत्वों को वर्गों एवं आवर्तों में व्यवस्थित करने के फलस्वरूप तत्वों के गुणधर्मों में **आवर्तिता** (periodicity) प्रेक्षित होती है।

**प्रश्न**

1. डॉबेराइनर द्वारा किए गए वर्गीकरण का क्या आधार था ?
2. न्यूलैंड के अष्टक नियम का उल्लेख कीजिए।

## 4.2 मेंडलीफ का वर्गीकरण

प्रोफेसर डिमित्री एनफानोफीच मेंडलीफ (Dimitri Invanovich Mendeleev) एक रूसी रसायनज्ञ ने तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों तथा उनके भौतिक व रासायनिक गुणधर्मों के बीच संबंध का भलीभाँति अध्ययन किया। उनके काल में कुल 63 तत्व ज्ञात थे। मेंडलीफ ने उस समय ज्ञात तत्वों को उनके समान परमाणु द्रव्यमानों के आधार पर व्यवस्थित किया। दूसरे शब्दों में मेंडलीफ ने तत्वों को उनके द्वारा बनाए यौगिकों के सूत्र में समानताओं के आधार पर व्यवस्थित किया (उदाहरणार्थ, ऑक्साइड, हाइड्राइड इत्यादि)। यह प्रेक्षित किया गया कि अधिकतर तत्वों को उनके बढ़ते हुए परमाणु द्रव्यमानों (जो उस समय परमाणु भारों के नाम से जाने जाते थे) के क्रम में आवर्त सारणी 4.3 में रखा गया। यह पाया गया कि आवर्ती पुनरावृत्ति (periodic recurrence) प्रकट होती है अर्थात् प्रत्येक आठवें तत्व के गुणधर्म प्रथम तत्व के गुणधर्म के समान होते हैं।

***"तत्वों के भौतिक एवं रासायनिक गुणधर्म उनके परमाणु भारों (जिन्हें अब परमाणु द्रव्यमानों के नाम से जाना जाता है) के आवर्ती फलन होते हैं।"***

आवर्त सारणी 4.3 में उर्ध्वाधर स्तंभ (**समूह**) तथा क्षैतिज कतारें (**आवर्त**) होते हैं। मेंडलीफ की सारणी में यद्यपि सभी तत्वों को उनके बढ़ते हुए परमाणु द्रव्यमानों के क्रम में व्यवस्थित किया गया; कुछ तत्वों

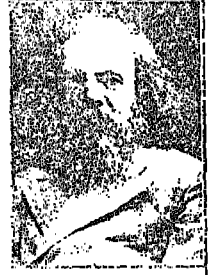
सारणी 4. 3 : सन् 1871 ईस्वी में प्रकाशित मेंडलीफ की सारणी पर आधारित सारणी।

| Groups | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oxide :<br>Hydride : | $R_2O$<br>RH | RO<br>$RH_2$ | $R_2O_3$<br>$RH_3$ | $RO_2$<br>$RH_4$ | $R_2O_5$<br>$RH_3$ | $RO_3$<br>$RH_2$ | $R_2O_7$<br>RH | $RO_4$ |
| Periods | A B | A B | A B | A B | A B | A B | A B | Transition series |
| 1 | H<br>1.008 | | | | | | | |
| 2 | Li<br>6.939 | Be<br>9.012 | B<br>10.81 | C<br>12.011 | N<br>14.007 | O<br>15.999 | F<br>18.998 | |
| 3 | Na<br>22.99 | Mg<br>24.31 | Al<br>26.98 | Si<br>28.09 | P<br>30.974 | S<br>32.06 | Cl<br>35.453 | |
| 4 First series<br>Second series | K 39.102<br>Cu 63.54 | Ca 40.08<br>Zn 65.37 | Sc 44.96<br>— | Ti 47.90<br>— | V 50.94<br>As 74.92 | Cr 50.20<br>Se 78.96 | Mn 54.94<br>Br 79.909 | Fe 55.85 CO 58.93 Ni 58.71 |
| 5 First series<br>Second series | Rb 85.47<br>Ag 107.87 | Sr 87.62<br>Cd 112.40 | —<br>In 114.82 | Zr 91.22<br>Sn 118.69 | Nb 92.91<br>Sb 121.75 | Mo 95.94<br>Te 127.60 | Tc 99<br>I 126.90 | Ru 101.07 Rh 102.91 Pd 106.4 |
| 6 First series<br>Second series | Cs 132.90<br>Au 196.97 | Ba 137.34<br>Hg 200.59 | La 138.91<br>Tl 204.37 | Hf 178.49<br>Pb 207.19 | Ta 180.95<br>Bi 208.98 | W 183.85 | | Os 190.2 Ir 192.2 Pt 195.2 |

के युग्मों को उनके परमाणु द्रव्यमानों के व्युत्क्रम (inverted order) में रखा गया। उदाहरणार्थ, कोबाल्ट (परमाणु द्रव्यमान 58.93) और निकैल (58.7), टेल्यूरियम (127.6) और आयोडीन (126.90)।

आवर्त सारणी में इस व्युत्क्रमण को तत्व के रासायनिक गुणधर्मों की उस समूह के तत्वों के साथ समानताओं के कारण किया गया जिसमें उस तत्व को रखा गया था। उदाहरणार्थ, टेल्यूरियम (Te) को आयोडीन से पहले रखा गया जबकि Te का उच्च परमाणु द्रव्यमान है। ऐसा इसलिए किया गया क्योंकि आयोडीन के गुणधर्म ब्रोमीन के गुणधर्म के समान हैं न कि सिलीनियम (Se) के गुणधर्म के समान।

मेंडलीफ के तत्वों के वर्गीकरण के विस्मयकारी अनुप्रयोगों में से एक यह था कि, उन्होंने अपनी आवर्त सारणी में उन तत्वों के लिए खाली स्थान छोड़ रखे थे जिनकी तब तक खोज होनी बाकी थी। उन्होंने इन तत्वों के गुणधर्मों की प्रा गुक्ति भी की थी। इन तत्वों के नए नाम देने से बचने के लिए मेंडलीफ ने समान समूह उनके नाम पर एक संस्कृत संख्यांक को पूर्वलम्नित किया, समान समूह के पहले आने वाले अनुरूप तत्व के नाम पर संस्कृत संख्यांक, *एका* (एक), *द्वि* (दो), *त्रि* (तीन), इत्यादि को पूर्वलम्नित करके किया। इस प्रकार मेंडलीफ उन तत्वों के अस्तित्व (existence) व गुणधर्मों की प्रागुक्ति कर सके जो तब तक खोजे नहीं गए थे और उनको निम्न नाम दिए : *एका*-बोरॉन, *एका*-ऐलुमिनियम, *एका*-सिलिकन, *एका*-मैंगनीज तथा *एका*-टेंटेलम। उदाहरणार्थ एका-बोरॉन का अर्थ है– बोरॉन के अंतर्गत प्रथम तत्व। इन सभी तत्वों की खोज बाद में हुई और इनके गुणधर्म मेंडलीफ द्वारा प्रागुक्त गुणधर्मों के समान पाए गए। उदाहरण के लिए, स्कैंडियम, गैलियम और जर्मेनियम, जिनकी खोज बाद में हुई, के गुणधर्म क्रमशः एका-बोरॉन, एका-ऐलुमिनियम और एका-सिलिकन के गुणधर्मों के समान थे। मेंडलीफ द्वारा प्रागुक्त *एका*-ऐलुमिनियम के गुणधर्म और समान तत्व गैलियम

## डिमित्री एनफानोफीच मेंडलीफ

**प्रोफेसर डिमित्री एनफानोफीच मेंडलीफ का जन्म 8 फरवरी सन् 1834 ईस्वी को रूस के पश्चिमी साईबेरिया प्रांत में हुआ था। प्रारंभिक शिक्षा के पश्चात् मेंडलीफ ने अपनी बूढ़ी माँ के अत्यंत प्रयासों के उपरान्त ही उच्च शिक्षा के लिए विश्वविद्यालय में प्रवेश लिया। अपने अन्वेषणों को अपनी माँ के नाम समर्पित करते हुए मेंडलीफ ने लिखा था कि "माँ ने उदाहरणों द्वारा आदेश दिया, प्यार द्वारा सही किया तथा जगह-जगह मेरे साथ यात्रा करके अपनी अंतिम संपदाओं को खर्च कर डाला एवं स्वयं शक्तिहीन हो गईं। परंतु माँ ने मुझको विज्ञान के लिए समर्पित रहने की लालसा प्रकट की थी। उन्होंने अपने अंतिम दिनों में मुझसे कहा था कि मैं मिथ्या धारणाओं से दूर रहूँ। शब्दों पर जोर देने के बजाय, कार्य पर बल दूँ। धैर्यपूर्वक दैवी एवं वैज्ञानिक सत्य की खोज करूँ। क्योंकि वे जानती थीं कि प्रेम एवं दृढ़ता के साथ, विज्ञान की सहायता से, बिना हिंसा के सभी असत्यों, अंधविश्वासों एवं त्रुटियों (भूलों) को दूर किया जा सकता है।" एक साहित्य का विद्यार्थी जिसने मेंडलीफ की आवर्त सारणी का अध्ययन किया था, लिखा "मेंडलीफ के आर्वत के नियम ने, उसके जीवन दर्शन को विकसित करने में एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई थी, क्योंकि प्रारंभ में विश्व ब्रह्मांड में क्रमों के लोप ने उसे भ्रमित कर दिया था परंतु मेंडलीफ के आर्वत नियम के अध्ययन के उपरांत उसने अनुभव किया कि इस विश्व ब्रह्मांड में क्रम स्वयं सुस्पष्ट एवं निर्विवाद हैं। इससे अच्छा विश्व ब्रह्मांड कोई हो ही नहीं सकता है जहाँ पर कोई, अज्ञात (अखोजित) तत्वों की, उनके अस्तित्व एवं उनके गुणधर्मों की प्रागुक्ति कर सकता है।" मेंडलीफ ने स्वयं, तत्वों की इस व्यवस्था का आवर्त सारणी नाम प्रस्तावित किया था। वह आवर्त सारणी रसायन शास्त्र की एक अपूर्व एकीकरण सिद्धांत सिद्ध हुई जिसकी सहायता से बाद में अनेक तत्वों की खोज संपन्न हुई। उनकी मृत्यु शनिवार 2 फरवरी सन् 1907 ईस्वी में हुई।**

के गुणधर्मों की सूची निम्नलिखित है:

*एका*-ऐलुमिनियम और गैलियम के गुणधर्म

| गुणधर्म | *एका*-ऐलुमिनियम | गैलियम |
|---|---|---|
| परमाणु द्रव्यमान | 68 | 69.7 |
| ऑक्साइड का सूत्र | $E_2O_3$ | $Ga_2O_3$ |
| क्लोराइड का सूत्र | $ECl_3$ | $GaCl_3$ |

मेंडलीफ की यह आवर्त सारणी एक तरफ जहाँ तत्वों के बारे में ज्ञान को सूक्ष्म एवं क्रमबद्ध रूप से व्यवस्थित करने में सफल रही, वहीं पर इस सारणी में समस्थानिकों (isotopes), उत्कृष्ट गैसों (जिनकी खोज बाद में संपन्न हुई) के लिए कोई स्थान नहीं रखा गया था।

**प्रश्न**

1. मेंडलीफ के आवर्त नियम का उल्लेख कीजिए।
2. उन तत्वों का उल्लेख कीजिए जिनकी खोज मेंडलीफ की आवर्त सारणी बनने के बाद संपन्न हुई।

## 4.3 आधुनिक आवर्त सारणी

मेंडलीफ की आवर्त सारणी को, एक ओर जब बहुत सारे तत्वों को उनके बढ़ते हुए द्रव्यमानों के आधार पर व्यवस्थित करने में सफलता प्राप्त हुई थी वहीं पर, दूसरी ओर आयोडीन एवं टैल्यूरियम जैसे तत्वों के एक युग्म को मेंडलीफ के आवर्त सारणी में उनके बढ़ते हुए द्रव्यमानों के आधार पर व्यवस्थित नहीं किया गया था। **लार्ड रैले** (Lord Rayleigh) एवं **सर रैम्जे** (Sir Ramsay) द्वारा सन् 1894 ईस्वी में खोजी गई हीलियम, निऑन, आर्गन इत्यादि उत्कृष्ट गैसों (तत्वों) को व्यवस्थित करने के लिए मेंडलीफ द्वारा प्रकाशित आवर्त सारणी को संशोधित किया गया। सन् 1913 ईस्वी में मैज्ले (Mosely) ने अनेक प्रयोगों के उपरांत यह निष्कर्ष निकाला कि तत्वों के मौलिक गुणधर्म उनके परमाणु द्रव्यमानों पर आधारित न होकर उनकी परमाणु संख्या (Z) पर आधारित होते हैं। अतः यह सुझाव दिया गया कि तत्वों के वर्गीकरण के लिए परमाणु संख्या का ही उपयोग करना चाहिए। आवर्त सारणी का आधुनिक स्वरूप जो परमाणु संख्या पर आधारित है, निम्न रूप में उल्लेखित किया जा सकता है–

***"तत्वों के गुणधर्म उनके परमाणु संख्या के आवर्ती फलन होते हैं। तत्वों की परमाणु संख्या, उदासीन परमाणु में विद्यमान प्रोटानों अथवा इलेक्ट्रानों की संख्या होती है।"***

तत्वों को उनके बढ़ते हुए परमाणु संख्या (Z) के अनुसार व्यवस्थित करने के उपरांत आवर्त सारणी प्राप्त होती है (सारणी 4.4)। मेंडलीफ की आवर्त सारणी के तत्व, आधुनिक आवर्त सारणी में ठीक उसी जगह पर हैं। आधुनिक आवर्त सारणी (जो परमाणु संख्या पर आधारित है) द्वारा, मेंडलीफ की आवर्त सारणी की सभी कमियाँ, त्रुटियाँ एवं असंगतियाँ दूर हो गई। आपने यह भी देखा कि तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास सीधे परमाणु संख्याओं पर आधारित होते हैं। इस आधुनिक आवर्त सारणी द्वारा किसी समूह के तत्व निम्नलिखित प्रदर्शित करते हैं :

(i) समूह के सभी तत्वों के बाह्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास समान होने के फलस्वरूप उनके गुणधर्म समान होते हैं।

(ii) समूहों में जैसे-जैसे ऊपर से नीचे जाते हैं, तत्वों के नाभिकों द्वारा बाह्यतम संयोजकता इलेक्ट्रॉनों के मध्य आकर्षणों में क्रमिक भिन्नता उत्पन्न होती है जिसके परिणामस्वरूप उनके गुणधर्मों में नियमित परिवर्तन होता है।

आवर्त नियम पर आधारित एक आवर्त सारणी तत्वों की श्रेणीकरण (gradation) व्यवस्था को प्रदर्शित करती है। वैसे तो कई प्रकार की आवर्त सारणियाँ हैं। परंतु सबसे संतोषजनक **दीर्घ रूप आवर्त सारणी** (long form periodic table) – **सारणी 4.4** है। इस आवर्त सारणी में 18 ऊर्ध्वाधर स्तंभ (vertical column) होते हैं, जिनको **समूह** (group) कहते हैं। इसमें 7 क्षैतिज कतारें (horizontal rows) होती हैं जिनको **आवर्त** (period) कहते हैं। ऐसे सभी तत्व जिनके परमाणुओं के बाह्यतम इलेक्ट्रॉनिक विन्यास समान होते हैं, उन सबको एक ही समूह में रखा जाता है। उदाहरणार्थ, हाइड्रोजन से फ्रेंसियम (Francium) तक के तत्वों को एक ही समूह में रखा गया है क्योंकि इन सभी तत्वों के परमाणुओं के बाह्यतम कोश का इलेक्ट्रॉनिक

s block | d block | p block | f block

Atomic number<br>Symbol<br>Name<br>Relative atomic mass

| PERIODS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1<br>H<br>Hydrogen<br>1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2<br>He<br>Helium<br>4.0 |
| 2 | 3<br>Li<br>Lithium<br>6.9 | 4<br>Be<br>Beryllium<br>9.0 | | | | | | | | | | | 5<br>B<br>Boron<br>10.8 | 6<br>C<br>Carbon<br>12.0 | 7<br>N<br>Nitrogen<br>14.0 | 8<br>O<br>Oxygen<br>16.0 | 9<br>F<br>Fluorine<br>19.0 | 10<br>Ne<br>Neon<br>20.2 |
| 3 | 11<br>Na<br>Sodium<br>23.0 | 12<br>Mg<br>Magnesium<br>24.3 | | | | | | | | | | | 13<br>Al<br>Aluminium<br>27.0 | 14<br>Si<br>Silicon<br>28.1 | 15<br>P<br>Phosphorus<br>31.0 | 16<br>S<br>Sulphur<br>32.1 | 17<br>Cl<br>Chlorine<br>35.5 | 18<br>Ar<br>Argon<br>39.9 |
| 4 | 19<br>K<br>Potassium<br>39.1 | 20<br>Ca<br>Calcium<br>40.1 | 21<br>Sc<br>Scandium<br>45.0 | 22<br>Ti<br>Titanium<br>47.8 | 23<br>V<br>Vanadium<br>50.9 | 24<br>Cr<br>Chromium<br>52.0 | 25<br>Mn<br>Manganese<br>54.9 | 26<br>Fe<br>Iron<br>55.9 | 27<br>Co<br>Cobalt<br>58.9 | 28<br>Ni<br>Nickel<br>58.7 | 29<br>Cu<br>Copper<br>63.5 | 30<br>Zn<br>Zinc<br>65.4 | 31<br>Ga<br>Gallium<br>69.7 | 32<br>Ge<br>Germanium<br>72.6 | 33<br>As<br>Arsenic<br>74.9 | 34<br>Se<br>Selenium<br>79.0 | 35<br>Br<br>Bromine<br>79.9 | 36<br>Kr<br>Krypton<br>83.8 |
| 5 | 37<br>Rb<br>Rubidium<br>85.5 | 38<br>Sr<br>Strontium<br>87.6 | 39<br>Y<br>Yttrium<br>88.9 | 40<br>Zr<br>Zirconium<br>91.2 | 41<br>Nb<br>Niobium<br>92.9 | 42<br>Mo<br>Molybdenum<br>95.9 | 43<br>Tc<br>Technetium<br>(99) | 44<br>Ru<br>Ruthenium<br>101.1 | 45<br>Rh<br>Rhodium<br>102.3 | 46<br>Pd<br>Palladium<br>106.4 | 47<br>Ag<br>Silver<br>107.9 | 48<br>Cd<br>Cadmium<br>112.4 | 49<br>In<br>Indium<br>114.8 | 50<br>Sn<br>Tin<br>118.7 | 51<br>Sb<br>Antimony<br>121.8 | 52<br>Te<br>Tellurium<br>127.6 | 53<br>I<br>Iodine<br>126.9 | 54<br>Xe<br>Xenon<br>131.3 |
| 6 | 55<br>Cs<br>Caesium<br>132.9 | 56<br>Ba<br>Barium<br>137.3 | 57<br>La*<br>Lanthanum<br>138.9 | 72<br>Hf<br>Hafnium<br>178.5 | 73<br>Ta<br>Tantalum<br>181.0 | 74<br>W<br>Tungsten<br>183.9 | 75<br>Re<br>Rhenium<br>186.2 | 76<br>Os<br>Osmium<br>190.2 | 77<br>Ir<br>Iridium<br>192.2 | 78<br>Pt<br>Platinum<br>195.1 | 79<br>Au<br>Gold<br>197.0 | 80<br>Hg<br>Mercury<br>200.6 | 81<br>Ti<br>Thallium<br>204.4 | 82<br>Pb<br>Lead<br>207.2 | 83<br>Bi<br>Bismuth<br>209.0 | 84<br>Po<br>Polonium<br>(216) | 85<br>At<br>Astatine<br>(210) | 86<br>Rn<br>Radon<br>(222) |
| 7 | 87<br>Fr<br>Francium<br>(223) | 88<br>Ra<br>Radium<br>(226) | 89<br>Ac**<br>Actinium<br>(227) | 104<br>Rf<br>Rutherfordium<br>(261) | 105<br>Db<br>Dubnium<br>(262) | 106<br>Sg<br>Seaborgium<br>(263) | | | | | | | | | | | | |

f block

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lanthanides* | 58<br>Ce<br>Cerium<br>140.1 | 59<br>Pr<br>Praseodymium<br>140.9 | 60<br>Nd<br>Neodymium<br>144.2 | 61<br>Pm<br>Promethium<br>(145) | 62<br>Sm<br>Samarium<br>150.4 | 63<br>Eu<br>Europium<br>152.0 | 64<br>Gd<br>Gadolinium<br>157.3 | 65<br>Tb<br>Terbium<br>158.9 | 66<br>Dy<br>Dysprosium<br>162.5 | 67<br>Ho<br>Holmium<br>164.9 | 68<br>Er<br>Erbium<br>167.3 | 69<br>Tm<br>Thulium<br>168.9 | 70<br>Yb<br>Ytterbium<br>173.0 | 71<br>Lu<br>Lutetium<br>175.5 |
| Actinides** | 90<br>Th<br>Thorium<br>232.0 | 91<br>Pa<br>Protactinium<br>(231) | 92<br>U<br>Uranium<br>238.1 | 93<br>Np<br>Neptunium<br>(237) | 94<br>Pu<br>Plutonium<br>(242) | 95<br>Am<br>Americium<br>(243) | 96<br>Cm<br>Curium<br>(247) | 97<br>Bk<br>Berkelium<br>(245) | 98<br>Cf<br>Californium<br>(251) | 99<br>Es<br>Einsteinium<br>(254) | 100<br>Fm<br>Fermium<br>(253) | 101<br>Md<br>Mendelevium<br>(256) | 102<br>No<br>Nobelium<br>(254) | 103<br>Lr<br>Lawrencium<br>(257) |

सारणी 4.4 : तत्वों की आवर्त सारणी का दीर्घ रूप।

विन्यास एक-सा होता है अर्थात् इन सभी तत्वों के परमाणुओं के बाह्यतम कोश में केवल एक ही इलेक्ट्रॉन होता है। ऐसे सभी तत्वों, जिनके परमाणुओं के बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉनों की वृद्धि, प्रथम सोपान के पश्चात् क्रमिकता से सम्पन्न होती है, को एक आवर्त में स्थान दिया जाता है। उदाहरणार्थ, लीथियम से निऑन तक। आवर्त सारणी का प्रत्येक वर्ग एक समान इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के महत्त्व को दर्शाता है। जबकि प्रत्येक आवर्त एक नये कोश को इलेक्ट्रॉनों से भरने के महत्त्व का श्रेय प्राप्त करता है। उदाहरणार्थ, समूह 1 के प्रत्येक तत्व के परमाणुओं के बाह्यतम कोश में एक इलेक्ट्रॉन होता है जबकि समूह 14 के तत्वों के बाह्यतम कोश में चार इलेक्ट्रॉन होते हैं। प्रथम आवर्त में, हाइड्रोजन के प्रथम कोश (अथवा K-कोश) में इलेक्ट्रॉन का भरना प्रारंभ हो जाता है। ठीक उसी प्रकार से चौथे आवर्त में, पोटैशियम के चौथे कोश (N.कोश) में इलेक्ट्रॉनों का भरना प्रारंभ हो जाता है।

आधुनिक आवर्त सारणी को चार ब्लाकों में विभक्त करते हैं :

(i) **s - ब्लॉक तत्व** – प्रथम एवं द्वितीय समूह के तत्वों को s - ब्लॉक तत्व कहते हैं।

(ii) **p - ब्लॉक तत्व** – समूह 13 से समूह 18 तक के तत्वों को p - ब्लॉक तत्व कहते हैं।

(iii) **d - ब्लॉक तत्व** – समूह 3 से समूह 12 तक के तत्वों को d-ब्लॉक तत्व कहते हैं।

(iv) **f - ब्लॉक तत्व**–आवर्त सारणी के नीचे पेंदे पर स्थित तत्वों को f -ब्लॉक तत्त्व कहते हैं।

परमाणु संख्या 43 टैक्नीशियम (technetium) एवं परमाणु संख्या 61 प्रोमिथियम (promethium) की उत्पत्ति रेडियोऐक्टिव तत्वों के विघटन (क्षय) के परिणामस्वरूप होती है। इन दो तत्वों को छोड़कर परमाणु संख्या 92 यूरेनियम (Uranium) तक के शेष सभी तत्व प्रकृति में पाए जाते हैं। यूरेनियम (परमाणु संख्या 92) के पश्चात के सभी तत्व विभिन्न प्रयोगशालाओं में कृत्रिम रूप में तैयार किए गए हैं अतः इन सभी तत्वों को संश्लेषित अथवा मानव निर्मित तत्व कहते हैं।

### 4.3.1 समूह

एक समूह (group) के सभी तत्वों के परमाणुओं में संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या समान होती है। किसी तत्व के रासायनिक गुणधर्म मुख्यतः उनके

सारणी 4.5 : समूहों के तत्वों में उनके विभिन्न कोशों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण

| *तत्व* | | *कोश/कोशों में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | सूत्र | K | L | M | N | O |
| समूह 1 | लीथियम | Li | 2 | 1 | | | |
| | सोडियम | Na | 2 | 8 | 1 | | |
| | पोटैशियम | K | 2 | 8 | 8 | 1 | |
| समूह 17 | फ्लुओरीन | F | 2 | 7 | | | |
| | क्लोरीन | Cl | 2 | 8 | 7 | | |
| | ब्रोमीन | Br | 2 | 8 | 18 | 7 | |
| | आयोडीन | I | 2 | 8 | 18 | 18 | 7 |
| समूह 18 | हीलियम | He | 2 | | | | |
| | निऑन | Ne | 2 | 8 | | | |
| | आर्गन | Ar | 2 | 8 | 8 | | |
| | क्रिप्टॉन | Kr | 2 | 8 | 18 | 8 | |

परमाणुओं में स्थित संयोजकता इलेक्ट्रॉनों द्वारा संचालित होते हैं जिसके फलस्वरूप किसी समूह के सभी तत्वों के गुणधर्म समान होते हैं। उदाहरणार्थ– आइए, हम समूह-1, 17 एवं 18 के तत्वों एवं उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों पर विचार करें (सारणी 4.5)।

समूह 1 के तत्वों के बाह्यतम कोश में एक इलेक्ट्रॉन होता है। इस समूह के सभी तत्वों के परमाणुओं को अपेक्षित ऊर्जा प्रदान करने पर उनके परमाणुओं में स्थित एकल संयोजकता इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित हो जाते हैं जिसके फलस्वरूप $Li^+$, $Na^+$, $K^+$ जैसे धनात्मक आयन (धनायन) प्राप्त होते हैं। इसी प्रकार समूह-2 के तत्वों के परमाणुओं के पास दो संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं, जो अपेक्षित ऊर्जा प्राप्त करने के उपरांत सुगमतापूर्वक उत्सर्जित हो जाते हैं जिसके फलस्वरूप $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$ जैसे द्विधनात्मक आयन प्राप्त होते हैं।

आवर्त सारणी के दूसरी तरफ समूह-17 के तत्व स्थित होते हैं। जिनके बाह्यतम कोश में ज्ञात सात (7) इलेक्ट्रॉन होते हैं। हाइड्रोजन एवं हीलियम को छोड़कर, किसी तत्व का बाह्यतम कोश अधिकतम 8 इलेक्ट्रॉनों को स्थान दे सकता है। इस समूह के तत्वों के लिए सात इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करके स्थाई इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करने की अपेक्षा एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर स्थाई इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करना एक सुगम कार्य होता है। अतः प्रक्रिया में, इस समूह के तत्वों के परमाणु एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके फ्लुओराइड ($F^-$), क्लोराइड ($Cl^-$), ब्रोमाइड ($Br^-$) एवं आयोडाइड ($I^-$) जैसे ऋण आवेशित आयनों को प्रदान करते हैं जिनको **ऋणायन** (Anion) कहते हैं। समूह-18 के तत्वों के परमाणुओं के बाह्यतम कोश पूर्ण रूप से भरे हुए होते हैं। अतः इस समूह के तत्वों के परमाणु न तो इलेक्ट्रॉनों को उत्सर्जित करने की और न ही इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करने की प्रवृत्ति रखते हैं। अतः इस समूह के तत्व शून्य संयोजक होते हैं तथा इनकी क्रियाशीलता सामान्यतः बहुत कम होती है।

### 4.3.2 आवर्त

आवर्त सारणी की क्षैतिज कतारों को **आवर्त** (period) कहते हैं। आवर्त सारणी में कुल 7 आवर्त होते हैं। प्रथम आवर्त में हाइड्रोजन एवं हीलियम नामक केवल दो तत्व होते हैं। द्वितीय आवर्त में लीथियम, बेरिलियम बोरॉन कार्बन, नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, फ्लुओरीन तथा निऑन होते हैं। प्रथम आवर्त में केवल एक ही कोश, K-कोश होता है जिसमें दो इलेक्ट्रॉनों को समायोजित करते हैं। द्वितीय आवर्त में दो कोश, K-कोश एवं L-कोश, तथा तृतीय आवर्त में तीन कोश, K-कोश, L-कोश, एवं M-कोश होते हैं। इसी प्रकार अन्य आवर्तों में भी कोशों की संख्या में क्रमशः वृद्धि होती रहती है। आइए, हम सब आवर्त सारणी के पहले दो आवर्तों के कुछ तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों पर विचार करें (सारणी 4.6)।

**सारणी 4.6 : आवर्त सारणी के प्रथम तीन आवर्तों के कोशों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण।**

| *आवर्त* | *तत्व के कोशों में इलेक्ट्रॉनों का वितरण* | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | H | | | | | | | He |
| (Kकोश) | 1 | | | | | | | 2 |
| 2 | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
| (K,Lकोश) | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 |

उपरोक्त सारणी से यह निष्कर्ष निकालते हैं कि जैसे-जैसे हम द्वितीय आवर्त में बाएँ से दाएँ, लीथियम से निऑन की ओर बढ़ते हैं, L-कोश में इलेक्ट्रॉन क्रमशः भरते जाते हैं अर्थात् इस आवर्त में जहाँ पर लीथियम के L-कोश में केवल एक इलेक्ट्रॉन रहता है वहीं पर निऑन के L-कोश में 8 इलेक्ट्रॉन होते हैं। इसी प्रकार से, तृतीय, चतुर्थ, पंचम, एवं षष्टम आवर्त में क्रमशः 8, 18, 18, एवं 32 तत्वों को समायोजित करते हैं। आवर्तों में 2, 8, 8, 18 एवं 32 तत्वों की प्रगामी वृद्धि इस बात का द्योतक है कि विभिन्न आवर्तों में ठीक इसी प्रकार से, विभिन्न तत्वों के परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को निरूपित किया जाता है।

एक ओर जहाँ पर, मुख्य समूह (main group) s-ब्लॉक एवं p-ब्लॉक के तत्वों [d-ब्लॉक (समूह-तीन से समूह बारह तक) के तत्वों को छोड़कर] के बाह्यतम कोश अथवा संयोजकता कोश, समूह-1 से समूह-18 तक, जैसे-जैसे हम बाएँ से दाएँ की तरफ बढ़ते हैं, इलेक्ट्रॉनों द्वारा क्रमशः भरे जाते हैं। वहीं पर दूसरी ओर समूहों में कोशों की संख्या में क्रमिक वृद्धि होती है। परंतु बाह्यतम कोश (संयोजकता कोश) में इलेक्ट्रॉनों की संख्या समान होती है।

**प्रश्न**

1. आवर्त के उस नियम का उल्लेख कीजिए जिसके आधार पर आधुनिक आवर्त सारणी निर्मित हुई है।
2. आधुनिक आवर्त सारणी किस प्रकार से, मेंडलीफ के आवर्त सारणी की विभिन्न असंगतियों (anomalies) को दूर करती है ?
3. तत्वों की आधुनिक आवर्त सारणी को कितने समूहों एवं आवर्तों में विभक्त करते हैं ?

## 4.4 गुणधर्मों में आवर्तिता

तत्वों के जो गुणधर्म उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर निर्भर करते हैं, वे आवर्तों में बाएँ से दाएँ एवं समूहों में ऊपर से नीचे, नियमित रूप से परिवर्तित होते हैं। आइए, हम यहाँ पर तत्वों के कुछ गुणधर्मों का विवेचन करें।

### 4.4.1 परमाण्वीय आकार

परमाण्वीय आकार पद से परमाणु त्रिज्या का आभास होता हैं। ***किसी विलगित परमाणु के नाभिक (nucleus) के केंद्र से बाह्यतम कोश के मध्य की दूरी की परमाण्वीय त्रिज्या (आकार) के रूप में कल्पना करते हैं।*** किंतु न तो किसी परमाणु को विलगित किया जा सकता है और न ही परमाणु के नाभिक से उसके बाह्यतम कोश के मध्य की दूरी को मापा जा सकता है। चूँकि p-ब्लाक के तत्वों (अधातुओं) के परमाणु आपस में मिलकर सहसंयोजक बंध निर्मित करते हैं। फलतः समान परमाणुओं द्वारा बनाए गए एकल सहसंयोजक आबंध की दूरी को सुगमतापूर्वक मापा जा सकता है। इस एकल आबंध की दूरी का आधा, उस परमाणु की सहसंयोजक त्रिज्या होती है। इसी सहसंयोजक त्रिज्या को परमाण्वीय त्रिज्या के मापदण्ड के रूप में स्वीकार किया गया है। उदाहरणार्थ, हाइड्रोजन अणु के दो परमाणुओं के मध्य की दूरी का आधा मान 37 पिकोमीटर (picometre, pm) होता है। इसी दूरी को हाइड्रोजन की परमाण्वीय त्रिज्या के रूप में माना जाता है। धातु परमाणुओं के लिए, धात्विक क्रिस्टल में उपस्थित दो परमाणुओं के मध्य की **अंतरानामिक** (internuclear) दूरी का आधा परमाण्वीय त्रिज्या के मान को प्रदर्शित करता है।

समूहों में जैस-जैसे ऊपर से नीचे आते हैं वैसे-वैसे नए कोशों का योग होता है जिसके फलस्वरूप तत्वों की परमाण्वीय त्रिज्याओं में क्रमशः वृद्धि होती है। चूँकि आवर्त में बाईं ओर से दाईं ओर चलने पर तत्वों के परमाणुओं के प्रभावी नाभकीय आवेश में क्रमिक वृद्धि होती है इसलिए आवर्तों में बाएँ से दाएँ चलने पर उनकी परमाण्वीय त्रिज्याएँ क्रमशः घटती हैं अर्थात् परमाण्वीय आकार क्रमशः घटने लगता है। सारणी 4.7 में आवर्तों में तत्वों की परमाण्वीय त्रिज्याएँ दी गई हैं।

सारणी 4.7 : द्वितीय आवर्त में तत्वों की परमाण्वीय त्रिज्याओं (pm) में विभिन्नता

| आवर्त | समूह | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| द्वितीय आर्वत के तत्व | Li | Be | B | C | N | O |
| परमाणु संख्या | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| परमाण्वीय त्रिज्या | 133 | 89 | 80 | 77 | 70 | 66 |

सारणी 4.8 : प्रथम समूह के तत्वों की त्रिज्याओं (pm) में विभिन्नता।

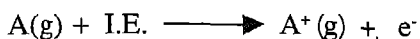
| *प्रथम समूह के तत्व (परमाणु संख्या)* | *परमाण्वीय त्रिज्या* |
|---|---|
| Li (3) | 133 |
| Na (11) | 154 |
| K (19) | 201 |
| Rb (37) | 216 |
| Cs (55) | 235 |

### 4.4.2 आयनन ऊर्जा एवं इलेक्ट्रॉन बंधुता

तत्वों के स्वभाव एवं उनकी रासायनिक अभिक्रियाएँ किसी तत्व के परमाणुओं के इलेक्ट्रॉन ग्राही अथवा इलेक्ट्रॉन दाता स्वभाव पर निर्भर करती हैं। तत्वों के परमाणुओं के इस स्वभाव को परमाणुओं की आयनन ऊर्जा एवं इलेक्ट्रॉन बंधुता द्वारा मात्रात्मक रूप से मापा जा सकता है।

## (A) आयनन ऊर्जा

किसी तत्व के विलगित गैसीय परमाणु से अथवा आयन से एक इलेक्ट्रॉन को पूर्णरूप से उत्सर्जित करने के लिए आवश्यक ऊर्जा (I.E.) की मात्रा को आयनन ऊर्जा कहते है।

$$A(g) + I.E. \longrightarrow A^{+}(g) + e^{-}$$

जिस भाँति से किसी तत्व के परमाणुओं में अनेक इलेक्ट्रॉन होते हैं उसी प्रकार से परमाणुओं की कई आयनन ऊर्जाएँ भी होती हैं। किसी तत्व के परमाणु में एक से अधिक इलेक्ट्रॉन होते हैं तो ऊर्जा की अपेक्षित मात्रा को प्रदान करके प्रत्येक इलेक्ट्रॉन को उत्सर्जित कराया जा सकता है। ***किसी तत्व के परमाणु से प्रथम इलेक्ट्रॉन को त्यागने के लिए अपेक्षित ऊर्जा की मात्रा को, प्रथम आयनन ऊर्जा** (first ionization energy) **कहते हैं।*** इस प्रक्रम के उपरांत, एक धनावेशित आयन (एक धनायन) प्राप्त होता है। ***एक धनायन से एक और इलेक्ट्रॉन त्यागने के लिए अपेक्षित ऊर्जा के मान को द्वितीय आयनन ऊर्जा कहते हैं।*** यह प्रक्रम इसी प्रकार से आगे चलता रहता है। चूँकि इस प्रक्रम में, नाभिक (न्यूक्लिअस) का धनात्मक आवेश क्रमशः बढ़ता रहता है फलतः आयनन ऊर्जा का मान भी क्रमशः बढ़ता जाता है अर्थात् आयनन ऊर्जा का मान निम्नलिखित क्रम में बढ़ता हैं :

**प्रथम आयनन ऊर्जा < द्वितीय आयनन ऊर्जा < तृतीय आयनन ऊर्जा**

**प्रक्रम इसी प्रकार से आगे बढ़ता रहता है।**

सारणी 4.9 : समूह-1 के तत्वों की प्रथम आयनन ऊर्जा का मान ($kJ\ mol^{-1}$)।

| *समूह-1 (परमाणु संख्या)* | *आयनन ऊर्जा ($kJ\ mol^{-1}$)* |
|---|---|
| Li (3) | 500 |
| Na (11) | 496 |
| K (19) | 420 |
| Rb (37) | 403 |
| Cs (55) | 376 |

सारणी 4.10 : द्वितीय आवर्त के तत्वों की प्रथम आयनन ऊर्जा ($kJmol^{-1}$)।

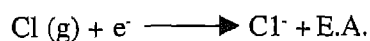
| द्वितीय आवर्त के तत्व | Li | Be | B | C | N | O | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ($kJ.\ mol^{-1}$) | 500 | 900 | 801 | 1085 | 1400 | 1314 | 1680 |

चूँकि किसी समूह में ऊपर से नीचे चलने पर परमाणुओं में कोशों की संख्या बढ़ने के कारण, नाभिक से बाह्यतम इलेक्ट्रॉन के मध्य की दूरी बढ़ती जाती है जिसके परिणामस्वरूप किसी समूह में प्रथम आयनन ऊर्जा का मान क्रमशः घटता जाता है। किसी आवर्त में बाएँ से दाएँ चलने पर, परमाणु संख्या बढ़ती है तथा परमाणु आकार घटता है जिसके फलस्वरूप समान्यतः तत्वों के परमाणुओं की प्रथम आयनन ऊर्जा में क्रमिक वृद्धि की आशा की जाती है। सारणी 4.9 एवं सारणी 4.10 में क्रमशः प्रथम समूह तथा द्वितीय आवर्त के तत्वों की प्रथम आयनन ऊर्जा के मान ($kJmol^{-1}$) दिए गए है।

एक आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाते हुए बढ़ती हुई परमाणु संख्या के साथ उनकी प्रथम आयनन ऊर्जाओं के मान सामान्यतः बढ़ते हैं अथवा परमाण्वीय आकार घटते जाते हैं। यद्यपि आयनन ऊर्जाओं के बढ़ते मानों की अपेक्षा होती है, कहीं-कहीं पर यह घटते भी हैं। इस असंगत व्यवहार के विषय में आप उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

## (B) इलेक्ट्रॉन बंधुता

जब किसी तत्व का एक उदासीन विलगित परमाणु एक इलेक्ट्रॉन को सुगमतापूर्वक ग्रहण करके एक ऋणायन (ऋणात्मक आयन) में परिवर्तित हो जाता है तथा इस प्रक्रम में ऊर्जा का उत्सर्जन होता है, तो इस प्रक्रम में, उत्पन्न ऊर्जा के मान को इलेक्ट्रॉन बंधुता – electron affinity (E.A) कहते हैं। इलेक्ट्रॉन बंधुता से, किसी तत्व के गैसीय विलगित परमाणु द्वारा अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन के प्रति आकर्षण बंधुता का मान प्रदर्शित होता है।

$$Cl\ (g) + e^{-} \longrightarrow Cl^{-} + E.A.$$

किसी परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की सहजता अर्थात इलेक्ट्रॉन बंधुता तत्वों के परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के अतिरिक्त परमाण्वीय आकार पर भी निर्भर करती है। किसी समूह में, ऊपर से नीचे आने पर जैसे-जैसे परमाण्वीय त्रिज्याएँ बढ़ती हैं, वैसे-वैसे इलेक्ट्रॉन बंधुता का मान क्रमशः कम होता है। आवर्त में, बाएँ से दाएँ चलने पर जैसे-जैसे

परमाण्वीय त्रिज्याएँ कम होती है, इलेक्ट्रॉन बंधुता का मान क्रमशः बढ़ता है। इसके मानों में आवर्तिता का पूर्ण रूप से पालन नहीं होता है तथा अनेक तत्वों के इलेक्ट्रॉन बंधुता के मानों में विसमान्यता पाई जाती है (सारणी 4.11)।

सारणी 4.11 : कुछ तत्वों की इलेक्ट्रॉन बंधुता के मान ($kJ\ mol^{-1}$)।

| समूह संख्या | 1 | | 16 | | 17 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| तत्व | H | 73 | | | | |
| (इलेक्ट्रान बंधुता) | Li | 57 | O | 141 | F | 333 |
| | | | S | 200 | Cl | 348 |
| | | | | | Br | 324 |
| | | | | | I | 295 |

### 4.4.3 धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म

आवर्त सारणी के दीर्घ रूप में धातुओं एवं अधातुओं के मध्य एक प्रत्यक्ष भिन्नता दिखती है। वक्र (zig-zag) एक रेखा के, जो बोरॉन से प्रारंभ होकर ऐस्टैटीन तक होती है, के बाईं ओर धातुएँ तथा दाईं ओर अधातुएँ उपस्थित हैं। इस विकर्ण रेखा सीमा पर स्थित बोरॉन, सिलिकन, जर्मेनियम, आर्सेनिक, ऐन्टीमनी, टैल्यूरियम एवं पोलोनियम नामक तत्वों को **अपधातु** (metalloid) अथवा **सामिधातु** (semimetal) कहते हैं। **आघातवर्ध्यता** (malleability), **तन्यता** (ductility) **एवं वैद्युत चालकता** धातुओं के अभिलाक्षणिक गुणधर्म हैं। किसी समूह में, ऊपर से नीचे चलने पर धात्विक गुणधर्म बढ़ता है तथा आवर्त में बाएँ से दाएँ चलने पर यह गुणधर्म घटता है। सामान्यतः धातु तत्वों के बाह्यतम कोश में 1 से 3 इलेक्ट्रॉन उपस्थित होते हैं अर्थात् धातुओं के बाह्यतम कोशों में, उस तत्व के परमाणु में उपस्थित कोशों की संख्या के बराबर अथवा उससे कम इलेक्ट्रॉन विद्यमान रहते हैं। इसके विपरीत, अधातु सामान्यतः भंगुर ठोस अथवा गैस हाते हैं। ब्रोमीन इसका अपवाद है जो द्रव होता है। अधातु वैद्युत कुचालक होते हैं। समूह में ऊपर से नीचे चलने पर तत्व का अधात्विक अभिलक्षण कम होता है। अधातु तत्वों के परमाणुओं के बाह्यतम कोश में, सामान्यतः 4 से 8 इलेक्ट्रॉन होते हैं।

**प्रश्न**

1. आवर्त सारणी के समूह-14 के एक तत्व की परमाणु संख्या 14 है। कारण सहित समझाइए कि इस तत्व में धात्विक गुणधर्म विद्यमान होगा अथवा नहीं।
2. आयनन ऊर्जा की परिभाषा दीजिए। दो तत्व A एवं B के प्रथम आयनन ऊर्जा का मान क्रमशः 500 $kJ\ mol^{-1}$ तथा 375 $kJ\ mol^{-1}$ है। इन तत्वों के समूह एवं आवर्त में सापेक्ष स्थानों के बारे में टिप्पणी कीजिए।

## आपने क्या सीखा

- तत्वों को उनके गुणधर्मों में समानता के आधार पर वर्गीकृत किया गया था।
- डॉबेराइनर ने तत्वों को त्रिकों में वर्गीकृत किया था तथा न्यूलैंड ने अष्टक का नियम प्रदान किया था।
- मेंडलीफ ने आवर्त सारणी में तत्वों को उनके बढ़ते हुए परमाणु द्रव्यमानों के आधार पर व्यवस्थित करके वर्गीकृत किया था। इस व्यवस्था के कारण मेंडलीफ तत्वों को समूहों में रख पाए। मेंडलीफ ने आवर्त सारणी के आधार पर प्रकृति में विद्यमान कुछ ऐसे तत्वों की प्रागुक्ति भी की थी जिनकी खोज बाद में संपन्न हुई।
- मेंडलीफ की आवर्त सारणी में, बढ़ते हुए परमाणु द्रव्यमानों के आधार पर वर्गीकृत करने के फलस्वरूप कुछ असंगतियाँ उत्पन्न हो गई थीं जो बाद में मैज्ले द्वारा प्राप्त किए गए तत्वों के मूलभूत गुणधर्म, परमाणु संख्या के बढ़ते हुए क्रम में तत्वों को व्यवस्थित करने के फलस्वरूप, दूर हो गईं।
- आधुनिक आवर्त सारणी में कुल 18 ऊर्ध्वाधर स्तंभ (समूह) तथा 7 क्षैतिज कतारें (आवर्त) हैं।
- इस प्रकार से व्यवस्थित तत्वों के उनके धात्विक गुणधर्म, परमाणु आयतन (परमाणु आकार) संयोजकता, आयनन ऊर्जा, इलेक्ट्रॉन बंधुता एवं उनके दूसरे तत्वों के साथ संयुक्त करने की क्षमताओं में आवर्तिता प्रदर्शित होती है।

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. आवर्त नियम की परिभाषा दीजिए। परमाणु द्रव्यमानों से बदल कर परमाणु संख्याओं को वर्गीकरण का आधार निर्धारित करने की क्या आवश्यकता थी ?
2. आवर्तिता का क्या तात्पर्य है ? क्या किसी एक समूह के तत्वों के गुणधर्म समान होते हैं ? इस कथन की सोदाहरण व्याख्या कीजिए।
3. परमाण्वीय त्रिज्या, आयनन ऊर्जा, एवं इलेक्ट्रॉन बंधुता पदों की परिभाषा दीजिए। उन इकाइयों को दीजिए जिनमें उपरोक्त पदों को मापा जाता है। सामान्यतः वर्गों एवं आवर्तों में इनमें किस प्रकार से विभिन्नता प्रदर्शित होती है ?
4. आवर्त सारणी के समूह-15 में नाइट्रोजन (परमाणु संख्या 7) एवं फॉस्फोरस (परमाणु संख्या-15) स्थित हैं। इन दो तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों को K, L, M, N कोशों के आधार पर दीजिए। इन तत्वों के धात्विक एवं अधात्विक प्रकृति के बारे में भी प्रागुक्ति कीजिए।
5. कारण सहित समझाइये कि क्यों दीर्घ रूप आवर्त सारणी के दूसरे एवं तीसरे आवर्तों में प्रत्येक आठवें तत्व के गुणधर्मों में पुनरावृत्ति पाई जाती है ?
6. एक तत्व के परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 7 है :
   (a) इस तत्व की परमाणु संख्या क्या है ?
   (b) निम्न तत्वों में से कौन-सा तत्व इसके समान गुणधर्म प्रदर्शित करेगा ? (कोष्ठकों में परमाणु संख्या दी गई है)

   N(7), F(9), P(15), Ar(18)
7. आवर्त सारणी में तत्व A, B एवं C के स्थानों को निम्न रूप से दर्शाया गया है :

| समूह–16 | समूह–17 |
|---|---|
| – | – |
| – | A |
| – | – |
| B | C |

   (a) तत्व C के धात्विक अथवा अधात्विक स्वभाव के बारे में उल्लेख कीजिए।
   (b) तत्व C की सक्रियता जो तत्व A से अधिक अथवा कम होगी, के बारे में उल्लेख कीजिए।
   (c) क्या तत्व C का आकार तत्व B से बड़ा होगा अथवा छोटा होगा ?
   (d) तत्व C धनायन अथवा ऋणायन में से किस प्रकार का आयन बनाएगा ?
8. निम्न पदों की परिभाषा दीजिए :
   (i) इलेक्ट्रॉन बंधुता (ii) आयनन ऊर्जा
9. निम्नलिखित को आधुनिक आवर्त सारणी के आवर्त–3 में हम कहाँ प्राप्त करेंगे ?
   (a) अधातु
   (b) उन तत्वों को जिनसे ऋणायन प्राप्त होते हैं।
   (c) उच्च गलनांक वाले तत्व।
   (d) उन तत्वों को जिनसे धनायन प्राप्त होते हैं।
   (e) धातु, और
   (f) कम क्वथनांक वाले तत्व।
   केवल इनकी परमाणु संख्याओं का उल्लेख कीजिए।

अध्याय

# रासायनिक आबंधन
## (Chemical Bonding)

अध्याय 2 में हम पढ़ चुके हैं कि कोई भी पदार्थ तत्वों, यौगिकों एवं उनके मिश्रणों से निर्मित होता है। एक ही तत्व के अथवा भिन्न तत्वों के दो या दो से अधिक परमाणुओं के परस्पर रासायनिक संयोग से अणु उत्पन्न होते हैं। उदाहरणार्थ, ऑक्सीजन के दो परमाणुओं के परस्पर संयोग से ऑक्सीजन के एक अणु $O_2$ की उत्पत्ति होती है। इसी प्रकार हाइड्रोजन के दो परमाणुओं एवं ऑक्सीजन के एक परमाणु के परस्पर संयोग से जल ($H_2O$) उत्पन्न होता है। इस अध्याय में हम यह अध्ययन करेंगे कि परमाणु परस्पर संयोग क्यों करते हैं जिससे कि अणु निर्मित होते हैं तथा परमाणुओं के संयोग के विभिन्न तरीके क्या हैं ?

### 5.1 परमाणु परस्पर संयोग क्यों करते हैं जिससे अणु निर्मित होते हैं?

यहाँ आप पुनः याद करेंगे कि आवर्त सारणी के समूह-18 के तत्व (He, Ne, Ar, इत्यादि) सबसे कम क्रियाशील होते हैं तथा उनके परमाणुओं के बाह्यतम कोश में दो (duplet, द्विक) अथवा आठ (octet, अष्टक) इलेक्ट्रॉन युक्त होते हैं (सारणी 5.1)। इस इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से यह निष्कर्ष निकाला गया है कि बाह्यतम कोश में आठ इलेक्ट्रॉन उपस्थित होने पर तत्वों के परमाणुओं की क्रियाशीलता में कमी आ जाती है। अतः ऐसे परमाणु अथवा आयन अपेक्षाकृत स्थायी होते हैं जिनके बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉन का अष्टक उपस्थित होता है।

सारणी 5.1 : समूह-18 के तत्वों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास।

| क्रम संख्या | तत्वों के नाम | परमाणु संख्या | इलेक्ट्रॉनिक विन्यास |
|---|---|---|---|
| 1 | हीलियम (He) | 2 | 2 |
| 2 | निऑन (Ne) | 10 | 2,8 |
| 3 | आर्गन (Ar) | 18 | 2,8,8 |
| 4 | क्रिप्टॉन (Kr) | 36 | 2,8,18,8 |
| 5 | जीनॉन (Xe) | 54 | 2,8,18,18,8 |
| 6 | रेडॉन (Rn) | 86 | 2,8,18,32,18,8 |

अध्याय 3 में हम पढ़ चुके हैं कि तत्वों के परमाणुओं के बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 1 से 8 तक हो सकती है। उन तत्वों के परमाणु जिनके बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉनों का अष्टक पूर्ण नहीं होता है, वे इस अष्टक अवस्था को प्राप्त करने के लिए दो प्रकार से प्रयास करते हैं– दूसरे परमाणु को इलेक्ट्रॉनों का स्थानांतरण करके अथवा उनके साथ इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी करके। ऐसा करने में परमाणु एक दूसरे से संयोग करके अणु बनाते हैं। किसी तत्व के परमाणुओं द्वारा इस अष्टक (octet) दशा को प्राप्त करने का प्रयास ही उस तत्व के रासायनिक क्रियाशीलता एवं आबंध उत्पन्न करने का कारण होता है। इस रासायनिक आबंध निर्माण द्वारा प्राप्त अणुओं की कुल ऊर्जा, पृथक परमाणुओं की ऊर्जा के सापेक्ष, कम होती है। ऊर्जा में इस कमी के कारण अणु, परमाणुओं से अधिक स्थायी होते हैं।

**प्रश्न**

1. किसी तत्व का परमाणु (उसी या विभिन्न तत्व के) दूसरे परमाणु के साथ अभिक्रिया के उपरांत अणु क्यों प्रदान करता है ?
2. ऊत्कृष्ट गैसें सबसे कम क्रियाशील होती हैं। इस तथ्य को कारण सहित समझाइए।

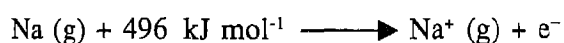
### 5.2 रासायनिक आबंध का बनना

जैसी कि परिचर्चा की गई है, दो परमाणुओं के मध्य एक रासायनिक आबंध या तो एक परमाणु के इलेक्ट्रॉनों को दूसरे परमाणु की तरफ

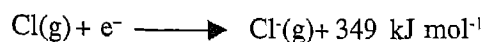
स्थानान्तरण द्वारा अथवा एक परमाणु के इलेक्ट्रॉनों को दूसरे परमाणु के इलेक्ट्रॉनों के साथ साझेदारी (sharing) द्वारा निर्मित होता है। वह आबंध जो एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉनों के पूर्ण स्थानान्तरण द्वारा उत्पन्न होता है, उसे **आयनिक आबंध** (ionic bond) कहते हैं तथा वह आबंध जब एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन युग्मों (इलेक्ट्रॉनों) की परस्पर साझेदारी द्वारा उत्पन्न होता है, वह **सहसंयोजक आबंध** (covalent bond) कहलाता है।

### 5.2.1 आयनिक आबंध

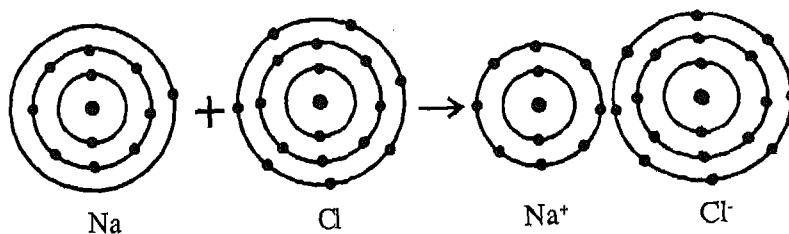
आइए, हम सोडियम (Na) एवं क्लोरीन (Cl) के परमाणुओं के मध्य रासायनिक आबंध द्वारा सोडियम क्लोराइड (NaCl) उत्पन्न होने के प्रक्रम पर विचार करें। सोडियम परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2,8,1 है। इसके बाह्यतम कोश में केवल एक इलेक्ट्रॉन होता है। सोडियम के बाह्यतम कोश से इस एकांकी इलेक्ट्रॉन को पर्याप्त मात्रा में ऊर्जा प्रदान करके हटाया जा सकता है। इस पर्याप्त ऊर्जा को **आयनन ऊर्जा** (Ionization Energy) कहते हैं। सोडियम के आयनन ऊर्जा का मान 496 किलो जूल प्रति मोल ($kJ\ mol^{-1}$) होता है।

$$Na\,(g) + 496\ kJ\ mol^{-1} \longrightarrow Na^{+}\,(g) + e^{-}$$

उपरोक्त समीकरण द्वारा प्राप्त धन आवेश वाली रासायनिक स्पीशीज को **सोडियम आयन** ($Na^{+}$) कहते हैं। वे सभी रासायनिक स्पीशीज जो धन आवेशित होती हैं, **धनायन** (cation) कहलाती हैं। इस सोडियम धनायन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास उसकी निकटतम उत्कृष्ट गैस, निऑन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास जैसा (2,8) ही होता है। चूँकि सोडियम आयन के बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉनों का अष्टक होता है अतः यह सोडियम परमाणु की अपेक्षा अधिक स्थायी होता है।

क्लोरीन परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2,8,7 होता है अतः इसे अपने निकटतम उत्कृष्ट गैस, आर्गन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (2,8,8) को प्राप्त करने के लिए केवल एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है। अतः क्लोरीन परमाणु एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके ऋणात्मक आयन, क्लोराइड आयन ($Cl^{-}$) प्रदान करता है।

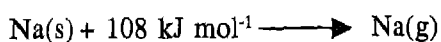
$$Cl(g) + e^{-} \longrightarrow Cl^{-}(g) + 349\ kJ\ mol^{-1}$$

इस प्रक्रम में क्लोरीन परमाणु की **इलेक्ट्रॉन बंधुता** (electron affinity) के बराबर ऊर्जा का त्याग होता है। क्लोरीन परमाणु की **इलेक्ट्रॉन बंधुता** का मान 349 $kJ\ mol^{-1}$ होता है। इस प्रक्रिया द्वारा प्रदत्त ऋणात्मक स्पीशीज को **ऋणायन** (anion), क्लोराइड आयन ($Cl^{-}$) कहते हैं।

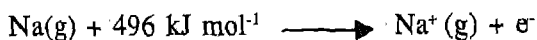
***धनात्मक स्पीशीज को धनायन** (cation) **तथा ऋणात्मक स्पीशीज को ऋणायन** (anion) **कहते हैं।***

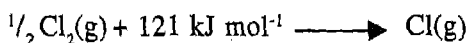
जब सोडियम परमाणु क्लोरीन परमाणु के साथ अभिक्रिया करता है तो सोडियम परमाणु से एक इलेक्ट्रॉन, क्लोरीन परमाणु पर स्थानांतरित हो जाता है। हम कहते हैं कि इस अभिक्रिया में सोडियम परमाणु एक इलेक्ट्रॉन का त्याग करता है तथा क्लोरीन परमाणु एक इलेक्ट्रॉन को प्राप्त करता है। इलेक्ट्रॉन के एक परमाणु से दूसरे परमाणु पर स्थानांतरण के परिणामस्वरूप दो विपरीत आवेश वाले आयनों की उत्पत्ति होती है जो परस्पर स्थिर वैद्युत बल (electrostatic force) द्वारा आकर्षित होते हैं। यह आकर्षण का स्थिर वैद्युत बल दोनों आयनों को साथ-साथ बनाए रखता है फलतः दोनों आयनों के मध्य एक रासायनिक आबंध उत्पन्न हो जाता है। यहाँ यदि हम दो ऊर्जाओं ($Cl^{-}$ आयन के बनने में निकली 349 $kJ\ mol^{-1}$ तथा $Na^{+}$ आयन के बनने में लगी 496 $kJ\ mol^{-1}$) की तुलना करते हैं तो 147 $kJ\ mol^{-1}$ की कमी पाते हैं। ऊर्जा के अनुसार सोडियम क्लोराइड की उत्पत्ति प्रतिकूल प्रतीत होती है। फिर भी, $Na^{+}$ और $Cl^{-}$ आयन के क्रिस्टलीय रूप में आने के प्रक्रम में उत्पन्न ऊर्जा इन आयनों के बनने में ऊर्जा की कमी की भरपाई कर देती है। चूंकि आबंध दो आयनों के मध्य होता है अतः इसे **आयनिक आबंध** (ionic bond) **अथवा वैद्युत संयोजी आबंध** (electrovalent bond) **कहते हैं।**

**सोडियम एवं क्लोरीन के बीच आबंध का निर्माण**

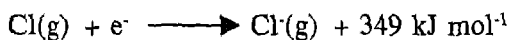
यहाँ पर हम सोडियम क्लोराइड विरचन की अभिक्रिया में ऊर्जा परिवर्तनों का निम्नलिखित चरणों द्वारा विचार कर सकते हैं :

1. ठोस सोडियम धातु से गैसीय सोडियम परमाणुओं का बनना

$Na(s) + 108\ kJ\ mol^{-1} \longrightarrow Na(g)$

2. गैसीय सोडियम परमाणुओं से सोडियम आयनों (धनायन) का बनना

$Na(g) + 496\ kJ\ mol^{-1} \longrightarrow Na^+(g) + e^-$

3. क्लोरीन अणु के वियोजन के फलस्वरूप गैसीय क्लोरीन परमाणुओं का बनना

$^1/_2\,Cl_2(g) + 121\ kJ\ mol^{-1} \longrightarrow Cl(g)$

4. गैसीय क्लोरीन परमाणुओ द्वारा क्लोराइड आयन (ऋणायन) का बनना

$Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g) + 349\ kJ\ mol^{-1}$

5. सोडियम एवं क्लोराइड आयनों की अन्योन्यक्रिया (पारस्परिक क्रिया) द्वारा ठोस अवस्था में सोडियम क्लोराइड का बनना

$Na^+(g) + Cl^-(g) \longrightarrow Na^+Cl^-(s) + 787\ kJ\ mol^{-1}$

यहाँ पर ध्यान देने योग्य बात यह है कि अभिक्रिया के 1 से 3 तक के चरणों में ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इनको **ऊष्माशोषी** (endothermic) प्रक्रम कहते हैं। अभिक्रिया के 4 तथा 5 चरणों में ऊर्जा मुक्त होती है अतः इनको **ऊष्माक्षेपी** (exothermic) प्रक्रम कहते हैं। दो परमाणुओं के मध्य आयनिक आबंध तभी निर्मित होता है जब अभिक्रिया के 4 तथा 5 चरणों द्वारा उत्पन्न संपूर्ण ऊर्जा का मान अभिक्रिया के 1 से 3 तक के चरणों द्वारा शोषित संपूर्ण ऊर्जा के मान से अधिक होता है।

नेट मुक्त ऊर्जा का मान = (अभिक्रिया के 4 तथा 5 चरणों द्वारा मुक्त ऊर्जा का मान—अभिक्रिया के 1, 2 तथा 3 चरणों द्वारा शोषित ऊर्जा का मान)

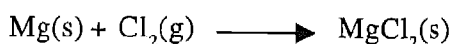
$= (787+349)-(108+496+121)$

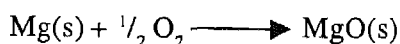
$= 411\ kJ\ mol^{-1}$

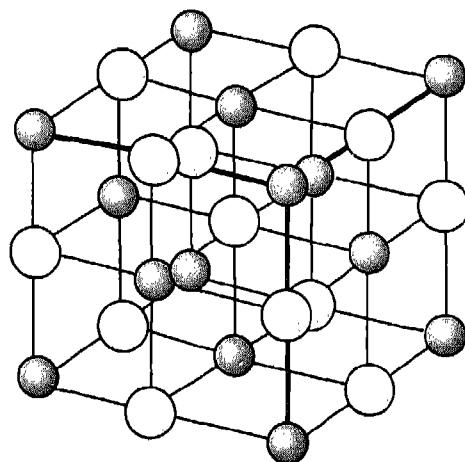
सामान्यतः जब एक निम्न आयनन ऊर्जा वाला परमाणु दूसरे उच्च इलेक्ट्रॉन बंधुता वाले परमाणु के साथ अभिक्रिया करता है तो परिणामस्वरूप एक आयनिक आबंध विरचित होता है। उदाहरणार्थ, आवर्त सारणी के समूह 1 एवं 2 के तत्वों (धातुओं) जिनकी आयनन ऊर्जा का मान निम्न होता है, वे आवर्त सारणी के समूह 17 के तत्वों (अधातुओं) जिनकी इलेक्ट्रॉन बंधुता का मान उच्च होता है,

के साथ अभिक्रिया के उपरांत आयनिक आबंध निर्मित करते हैं।

मैग्नीशियम जो समूह-2 का तत्व है, में दो संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं। यह दो इलेक्ट्रॉनों को मुक्त करके $Mg^{2+}$ आयन प्रदान करता है जिसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (2,8) अपनी निकटतम उत्कृष्ट गैस, निऑन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2,8 के ही समान होता है। मैग्नीशियम का एक परमाणु क्लोरीन के दो परमाणुओं (प्रत्येक क्लोरीन परमाणु एक इलेक्ट्रॉन प्राप्त करता है) के साथ अभिक्रिया करके दो आयनिक आबंध निर्मित करता है जिसके फलस्वरूप एक उदासीन अणु, मैग्नीशियम क्लोराइड ($MgCl_2$) प्राप्त होता है।

$$Mg(s) + Cl_2(g) \longrightarrow MgCl_2(s)$$

मैग्नीशियम ऑक्साइड बनने के प्रक्रम में भी मैग्नीशियम का एक परमाणु दो इलेक्ट्रॉनों को मुक्त करके ($Mg^{2+}$) आयन प्रदान करता है तथा ऑक्सीजन परमाणु इन दोनों इलेक्ट्रॉनों को स्वीकार कर लेता है। फलतः इस प्रक्रम में, मैग्नीशियम तथा ऑक्सीजन दोनों के परमाणुओं का अष्टक पूर्ण हो जाता है तथा मैग्नीशियम ऑक्साइड अणु का निर्माण होता है।

$$Mg(s) + {}^{1}/_{2}\, O_2 \longrightarrow MgO(s)$$

ऐसे यौगिकों, जिनमें **वैद्युत संयोजी आबंध** होते है, को **वैद्युत संयोजी यौगिक** कहते हैं।

आयनिक आबंधों के निर्माण प्रक्रम का अध्ययन करने के उपरांत आइए हम अवलोकन करें कि आयनिक यौगिकों के क्रिस्टल में आयन किस भाँति व्यवस्थित रहते हैं ? इन आयनिक यौगिकों के क्रिस्टल में आयन इस भाँति से व्यवस्थित रहते हैं कि प्रत्येक धनायन कुछ निश्चित ऋणायनों द्वारा घिरे होते हैं तथा इसके विलोमतः एक ऋणायन कुछ निश्चित धनायनों द्वारा घिरा होता है फलतः बंद संकुलित (closed packed) आकृति का निर्माण होता है। सोडियम क्लोराइड के क्रिस्टल में, प्रत्येक सोडियम धनायन $Na^+$ छः क्लोराइड ऋणायनों $Cl^-$ द्वारा घिरा होता है। ठीक इसी प्रकार से एक क्लोराइड ऋणायन छः सोडियम धनायनों द्वारा घिरा होता है (चित्र 5.1)। इन आयनों को परस्पर आबंधित करने वाला आकर्षण बल पूर्ण एवं विशुद्ध रूप से स्थिर वैद्युत बल ही होता है।

*चित्र 5.1 : सोडियम क्लोराइड की संरचना। काले गोले* $Na^+$ *आयन को दर्शाते हैं। यह छः नीले गोलों,* Cl- *आयन द्वारा घिरा होता है।*

### 5.2.2 वैद्युत संयोजी यौगिकों के गुणधर्म

1. ***भौतिक प्रकृति*** : आयनिक यौगिक सामान्यतः ठोस एवं अपेक्षाकृत कठोर होते हैं क्योंकि इन यौगिकों में विपरीत आवेशित आयनों के मध्य प्रबल स्थिर वैद्युत आकर्षण बल कार्य करता है और परिणामस्वरूप एक बंद संकुलित आकृति (closed packed structure) होती है। इस प्रकार के यौगिकों का भंगुर (brittle) स्वभाव होता है। अतः इन पर दाब अथवा प्रतिबल (stress) लगाने पर ये छोटे–छोटे टुकड़ों में टूट जाते हैं।
2. ***विलेयता*** : आयनिक यौगिक सामान्यतः जल जैसे ध्रुवीय विलायकों में घुलनशील होते हैं तथा ऐल्कोहॉल, ईथर, बेन्जीन, क्लोरोफार्म जैसे कम ध्रुवीय अथवा अध्रुवीय कार्बनिक विलायकों में अघुलनशील होते हैं।
3. ***गलनांक एवं क्वथनांक*** : आयनिक यौगिक सामान्यतः **क्रिस्टलीय** (crystalline) ठोस पदार्थ होते हैं। क्योंकि इनके क्रिस्टल जालक (crystal

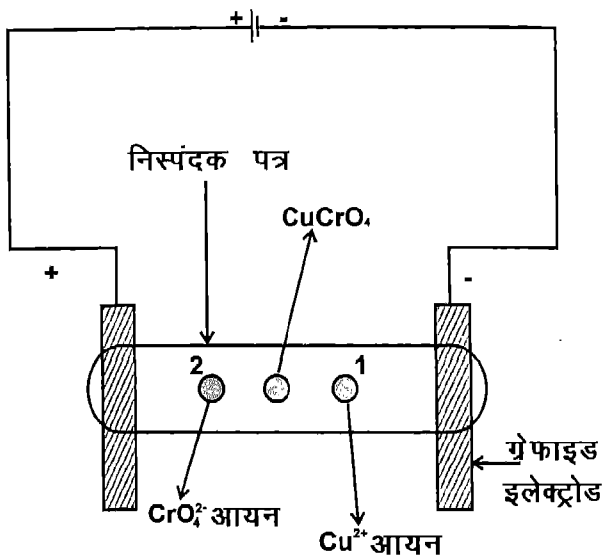
lattice) में धनायन एवं ऋणायन एक निश्चित क्रम से व्यवस्थित रहते हैं और परस्पर प्रबल अंतरआयनिक आकर्षण बल द्वारा जुड़े होते हैं। अतः बंद संकुलित क्रिस्टलीय आकृति को तोड़ने के लिए अति उच्च ऊर्जा की आवश्यकता होती है। फलतः आयनिक यौगिकों के गलनांक एवं क्वथनांक उच्च होते हैं।

4. ***वैद्युत चालकता*** : किसी पदार्थ की वैद्युत चालकता उनके इलेक्ट्रॉनों अथवा आयनों के संचलन के फलस्वरूप उत्पन्न होती है। धातुओं में, उनके संयोजकता इलेक्ट्रॉनों के संचलन द्वारा वैद्युत चालकता प्राप्त होती है। चूँकि आयनिक यौगिकों की ठोस अवस्था में, उनकी दृढ़ आकृति के कारण आयनों का संचलन संभव नहीं होता है अतः आयनिक यौगिक, ठोस अवस्था में, या तो वैद्युत कुचालकता प्रदर्शित करते हैं अथवा अत्यंत अल्पमात्रा में वैद्युत चालकता प्रदर्शित करते हैं। परंतु इसके विपरीत आयनिक यौगिक जलीय विलयन में अथवा गलित अवस्था में, आयनों के संचलन के परिणामस्वरूप वैद्युत चालकता प्रदर्शित करते हैं।

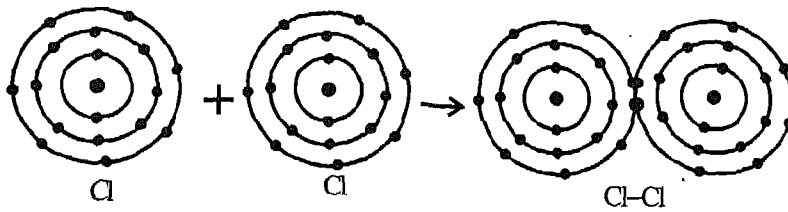
**क्रियाकलाप 5.1**

फिल्टर पेपर की एक पट्टी लेकर उसको पोटैशियम नाइट्रेट विलयन से भिगो लीजिए। इसके पश्चात् इस भीगी हुई फिल्टर पेपर पट्टी को दो ग्रेफाइट छड़ों पर, चित्र 5.2 की भाँति लपेट दीजिए। इस भीगी हुई पेपर पट्टी के मध्य में एक कॉपर क्रोमेट विलयन का धब्बा (चित्ती) लगा दीजिए। ग्रेफाइट छड़ों द्वारा 12 वोल्ट बैटरी की सहायता से विद्युत धारा प्रवाहित कीजिए। इसके परिणामस्वरूप पीला धब्बा दो अलग-अलग रंगीन धब्बों में विभक्त हो जाता है। तत्पश्चात् $Cu^{2+}$ आयन का नीला धब्बा (चित्र में दर्शाया धब्बा 1) बैटरी के ऋणात्मक टर्मिनल (कैथोड) की तरफ संचरित होता दिखाई पड़ेगा तथा क्रोमेट आयन ($CrO_4^{2-}$) का पीला धब्बा (चित्र में दर्शाया धब्बा 2) बैटरी के धनात्मक टर्मिनल (ऐनोड) की ओर संचलित होता दिखाई पड़ेगा।

**प्रश्न**

1. पोटैशियम क्लोराइड के विरचन के विभिन्न पदों की सूची बनाइए।
2. उन यौगिकों की क्या प्रकृति होगी जो (i) सोडियम की ऑक्सीजन के साथ अभिक्रिया, एवं (ii) मैग्नीशियम की क्लोरीन के साथ अभिक्रिया के उपरांत प्राप्त होते हैं ?
3. सोडियम परमाणु एवं सोडियम आयन के स्थायित्व में भिन्नता का कारण दीजिए।

*चित्र 5.2 : $Cu^{2+}$ एवं $CrO_4^{2-}$ आयनों का विपरीत चार्ज वाले इलैक्ट्रोडों की ओर संचलन।*

## 5.3 सहसंयोजक आबंध

हम अध्ययन कर चुके हैं कि एक उच्च इलेक्ट्रॉन बंधुता युक्त क्लोरीन परमाणु, सोडियम परमाणु जिसकी आयनन ऊर्जा अत्यन्त कम होती है, के साथ अभिक्रिया के उपरांत सोडियम क्लोराइड प्रदान करता है। इन आयनिक यौगिकों के अतिरिक्त, अनेक ऐसे यौगिक भी होते हैं जिनके अणुओं में आयन नहीं होते हैं। उदाहरणार्थ, हाइड्रोजन गैस, क्लोरीन गैस, जल, इत्यादि। इन सभी यौगिकों के अणुओं में प्रत्येक परमाणुओं का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास निकटतम उत्कृष्ट गैस के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास जैसा ही होता है। इन सभी

अणुओं के प्रत्येक परमाणु आपस में ऐसे रासायनिक आबंध द्वारा जुड़े होते हैं जिनकी उत्पत्ति आबंधित परमाणुओं (दो या दो से अधिक) के मध्य एक या एक से अधिक, संयोजकता इलेक्ट्रॉन की साझेदारी द्वारा सम्पन्न होती है।

आइए, हम दो क्लोरीन परमाणुओं द्वारा एक क्लोरीन अणु के विरचन पर विचार करें।

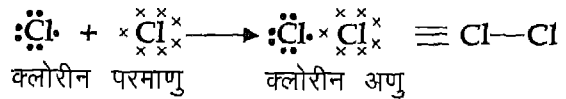
***क्लोरीन अणु*** : क्लोरीन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2,8,7 होता है। अतः प्रत्येक क्लोरीन परमाणु की यह प्रवृत्ति होती है कि वह एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके सुगमतापूर्वक अपने इलेक्ट्रॉनों के अष्टक 2,8,8 को पूर्ण कर ले। क्लोरीन के ये परमाणु अपने संयोजकता कोशों के एक-एक इलेक्ट्रॉनों के परस्पर सहभाजन (sharing) से अपने-अपने अष्टकों को पूर्ण करते हैं। सहभाजन द्वारा उत्पन्न इलेक्ट्रॉनों का यह युग्म दोनों क्लोरीन परमाणुओं के नाभिकों के ठीक मध्य में स्थित होता है तथा उस पर दोनों परमाणुओं के नाभिकों का संयुक्त प्रभाव होता है।

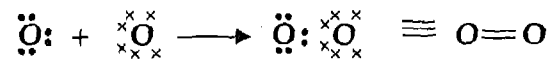
उपरोक्त परिचर्चित इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी द्वारा विरचित आबंध को **सहसंयोजक आबंध** (covalent bond) कहते हैं। वह आबंध जो दो परमाणुओं द्वारा केवल एक इलेक्ट्रॉन युग्म की साझेदारी से निर्मित होता है, उसे **एकल सहसंयोजी आबंध** (single covalent bond) कहते हैं।

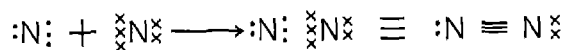
संयोजकता कोशों में इलेक्ट्रॉनों को बिंदुओं एवं क्रॉसों द्वारा प्रदर्शित करते हैं। संयोजकता इलेक्ट्रॉनों को इस प्रकार से प्रदर्शित करने की विधि को सर्वप्रथम प्रोफेसर जी. एन. लूइस (Prof. G.N. Lewis) ने प्रस्तावित किया था अतः इस विधि को लूइस निरूपण अथवा लूइस संरचना कहते हैं।

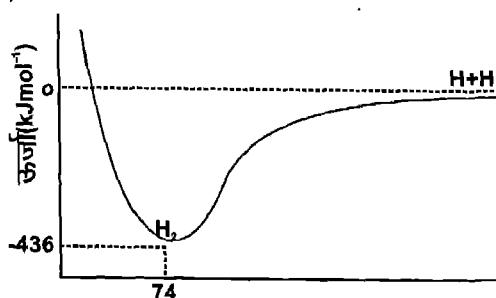
$Cl_2$ अणु ds बनने को निम्नलिखित तरीके से दिखाया जाता है

$$:\ddot{\underset{..}{Cl}}\cdot + \times \overset{\times\times}{\underset{\times\times}{Cl}} \overset{\times}{_{\times}} \longrightarrow :\ddot{\underset{..}{Cl}}\cdot\times \overset{\times\times}{\underset{\times\times}{Cl}} \overset{\times}{_{\times}} \equiv Cl—Cl$$

क्लोरीन परमाणु क्लोरीन अणु

***ऑक्सीजन अणु*** : दो ऑक्सीजन परमाणुओं के संयोग द्वारा एक ऑक्सीजन अणु का विरचन होता है। चूँकि ऑक्सीजन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2,6 होता है अतः इस संयोजन प्रक्रम में ऑक्सीजन का एक परमाणु अपना अष्टक पूर्ण करने के लिए अपने दो इलेक्ट्रॉनों को दूसरे ऑक्सीजन परमाणु के दो इलेक्ट्रॉनों की साथ साझेदारी द्वारा एक ऑक्सीजन अणु का निर्माण करता है। दूसरे शब्दों में हम यह कह सकते हैं कि ऑक्सीजन अणु का विरचन ऑक्सीजन के दो परमाणुओं से दो इलेक्ट्रॉन युग्मों की साझेदारी द्वारा संपन्न होता है। इलेक्ट्रॉनों की दो युग्मों के साझेदारी के फलस्वरूप एक **द्विआबंध** प्राप्त होता है।

$$\ddot{\underset{..}{O}}: + \overset{\times\times}{\underset{\times\times}{O}} \longrightarrow \ddot{\underset{..}{O}}::\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{O}} \equiv O{=}O$$

***नाइट्रोजन अणु*** : नाइट्रोजन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2,5 होता है। इसमें पाँच संयोजकता इलेक्ट्रॉन उपलब्ध होते हैं। इसलिए इसे अपना अष्टक पूर्ण करने के लिए तीन इलेक्ट्रॉनों की आवश्यकता होती है। इस अष्टक को पूर्ण करने के लिए नाइट्रोजन का एक परमाणु अपने तीन संयोजकता इलेक्ट्रॉनों को दूसरे नाइट्रोजन परमाणु के तीन संयोजकता इलेक्ट्रॉनों के साथ साझेदारी द्वारा संपन्न करता है। अर्थात् एक नाइट्रोजन अणु का विरचन इसके दोनों परमाणुओं द्वारा तीन इलेक्ट्रॉन युग्मों की साझेदारी द्वारा संपन्न होता है। नाइट्रोजन अणु में इस प्रकार से प्राप्त इन तीन आबंधों को **त्रिआबंध** कहते हैं।

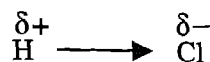
$$:N\vdots + \overset{\times}{_{\times}}N\overset{\times}{_{\times}} \longrightarrow :N\vdots\overset{\times}{_{\times}}N\overset{\times}{_{\times}} \equiv :N \equiv N\overset{\times}{_{\times}}$$

**सहसंयोजी आबंधों के निर्माण में ऊर्जा परिवर्तन**

आइए विचार करें कि दो हाइड्रोजन परमाणुओं के मध्य एक सहसंयोजी आबंध के बनने के फलस्वरूप एक हाइड्रोजन अणु की उत्पत्ति के समय किस प्रकार से ऊर्जा परिवर्तन होता है ? जब दो हाइड्रोजन परमाणु एक दूसरे के प्रति आकर्षित होते हैं तो उनकी स्थितिज ऊर्जा (potential energy) में परिवर्तन हो जाता है। दो हाइड्रोजन परमाणुओं के मध्य आकर्षण बलों (जो एक परमाणु के इलेक्ट्रॉनों एवं दूसरे परमाणु के नाभिक में स्थित प्रोटॉनों के आकर्षण के फलस्वरूप उत्पन्न होते हैं) के परिकलन द्वारा जैसे-जैसे दो परमाणुओं के मध्य दूरी घटती है वैसे-वैसे उनकी स्थितिज ऊर्जा में कमी आती जाती है। दोनों हाइड्रोजन परमाणुओं के मध्य एक विशिष्ट दूरी प्राप्त होने पर उनकी स्थितिज ऊर्जा का मान निम्नतम होता है। इस स्थिति के बाद, अगर दोनों हाइड्रोजन परमाणु इस विशिष्ट दूरी से भी निकटतम दूरी पर आने का प्रयास करते हैं तो उनके मध्य स्थितिज ऊर्जा का मान, दोनों परमाणुओं के मध्य प्रतिकर्षण बलों (जो दोनों परमाणुओं के परस्पर इलेक्ट्रॉनों एवं परस्पर प्रोटॉनों के मध्य प्रतिकर्षण बलों द्वारा उत्पन्न होता है) के बढ़ जाने के परिणामस्वरूप, एकाएक बढ़ जाता है जैसा कि चित्र 5.3 द्वारा प्रदर्शित किया गया है। निम्नतम स्थितिज ऊर्जा के मान की इस अवस्था को यह कहा जाता है कि दोनों हाइड्रोजन परमाणुओं के मध्य एक सहसंयोजी आबंध की उत्पत्ति हो गई है तथा एक हाइड्रोजन अणु निर्मित हो गया है।

*चित्र 5.3 : दो हाइड्रोजन परमाणुओं की पारस्परिक अभिक्रिया से ऊर्जा परिवर्तन।*

### 5.3.1 ध्रुवीय सहसंयोजी आबंध

अब तक हमने दो समान परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी पर विचार व्यक्त किए है। इस अवस्था में सहभाजी इलेक्ट्रॉन युग्म दोनों परमाणुओं के बीच में स्थित होता है। परंतु जब एक सहसंयोजी आबंध दो असमान परमाणुओं के बीच निर्मित होता है तो इस प्रकार से प्राप्त सहभाजी इलेक्ट्रॉन युग्म मध्य में न होकर उस परमाणु के अधिक निकट होता है जिसकी आबंधित इलेक्ट्रॉन युग्म (युग्मों) को अपनी ओर आकर्षित करने की प्रवृत्ति अधिक होती है। अणुओं में, परमाणुओं की यह प्रवृत्ति जिससे वह आबंधित इलेक्ट्रॉन युग्मों को अपनी तरफ आकर्षित करता है, उसे उस परमाणु की **विद्युत ऋणात्मकता** (Electronegativity) कहते हैं। उदाहरणार्थ, हाइड्रोजन क्लोराइड गैस में आबंधित इलेक्ट्रॉन युग्म क्लोरीन परमाणु के अधिक निकट होता है जिसके फलस्वरूप क्लोरीन परमाणु आंशिक ऋणात्मक आवेश प्राप्त करता है तथा हाइड्रोजन परमाणु पर आंशिक धनात्मक आवेश आ जाता है। यद्यपि दोनों परमाणुओं पर उपजे आवेशों का मान अत्यन्त अल्प होता है। इन परमाणुओं पर जनित आवेशों को डेल्टा + एवं डेल्टा– ($\delta+$ एवं $\delta-$) चिह्नों द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

आबंध में आबंधित इलेक्ट्रॉनों के इस स्थानांतरण को एक तीर द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। तीर का सिर अधिक विद्युतऋणी परमाणु, जो इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करता है, की ओर लगा देते हैं। आबंधित इलेक्ट्रॉन युग्म के इस प्रकार से स्थानांतरण के परिणामस्वरूप एक **द्विध्रुव** (dipole) उत्पन्न होता है। इस प्रकार के प्रकृति वाले आबंध को **ध्रुवीय सहसंयोजी आबंध** (polar covalent bond) **कहते हैं।**

$$\overset{\delta+}{H} \longrightarrow \overset{\delta-}{Cl}$$

जैसे-जैसे आबंधित परमाणुओं की विद्युत ऋणात्मकता का अंतर बढ़ता है वैसे-वैसे सहसंयोजी आबंध की ध्रुवीय प्रकृति भी बढ़ती है। जब दोनों आबंधित परमाणुओं की विद्युत ऋणात्मकता के

मानों का अंतर एक निश्चित सीमा (0.4 से 1.5 तक) से अधिक हो जाता है तो उत्पन्न आबंध की प्रकृति आयनिक हो जाती है। दूसरे शब्दों में **जब दो परमाणुओं की विद्युत ऋणात्मकता के मानों का अन्तर अत्यधिक (1.5 से अधिक) हो जाता है तो एक आयनिक आबंध उत्पन्न होता है।**

कुछ यौगिकों में आयनिक तथा सहसंयोजी दोनों आबंध होते हैं। उदाहरणार्थ, सोडियम हाइड्रॉक्साइड में, सोडियम आयन ($Na^+$) तथा हाइड्रॉक्साइड आयन ($OH^-$) के बीच आयनिक आबंध होता है। हाइड्रॉक्साइड आयन में ऑक्सीजन और हाइड्रोजन के बीच सहसंयोजी आबंध होता है।

### 5.3.2 सहसंयोजी यौगिकों के गुणधर्म

1 ***अवस्था :*** सहसंयोजी यौगिक ठोस, द्रव एवं गैस तीनों अवस्थाओं में पाए जाते हैं।

2 ***विलेयता :*** विलेयता का नियम होता है कि "समान समान को घोलता है" अतः लगभग सभी सहसंयोजी यौगिक बेन्जीन, ईथर, ऐल्कोहॉल, क्लोरोफार्म जैसे कार्बनिक विलायकों जो या तो अध्रुवीय होते हैं अथवा अपेक्षाकृत अल्प ध्रुवीय होते हैं में विलेय होते हैं। सहसंयोजी यौगिक सामान्यतः जल जैसे उच्च ध्रुवीय अकार्बनिक विलायकों (जिनका परावैद्युतांक उच्च होता हैं) में अघुलनशील होते हैं।

3 ***गलनांक एवं क्वथनांक :*** चूँकि सहसंयोजी यौगिकों के अणु जो आयनिक यौगिकों के अपेक्षाकृत कमजोर आकर्षण बलों द्वारा परस्पर जुड़े होते हैं, अतः सहसंयोजी यौगिकों के गलनांक एवं क्वथनांक सामान्यतः कम होते हैं। इस प्रकार के यौगिक अणुओं के मध्य कमजोर आकर्षण बलों को तोड़ने के लिए अल्प ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

4 ***विद्युत चालकता :*** सहसंयोजी यौगिक सामान्यतः विद्युत के कुचालक होते हैं क्योंकि इनके पास न तो मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं, और ना ही इनके पास आयन होते हैं जो किसी यौगिक की चालकता के लिए जरूरी होता है। ग्रेफाइट इसका अपवाद है अर्थात् ग्रेफाइट विद्युत का सुचालक होता है।

**प्रश्न**

1. किसी तत्व के दो परमाणुओं में परस्पर सहसंयोजी आबंध के विरचन के लिए क्या आवश्यक शर्तें होती हैं जिनके फलस्वरूप एक अणु का निर्माण होता है ?
2. दो परमाणुओं के मध्य (i) एक द्विआबन्ध तथा (ii) एक त्रिआबन्ध निर्मित होने के लिए प्रत्येक परमाणुओं द्वारा कितने इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी आवश्यक होती है ?
3. विद्युतऋणात्मकता की परिभाषा दीजिए।
4. ध्रुवीय सहसंयोजी आबंध क्या होते हैं ? उदाहरण सहित समझाइए।
5. अध्रुवीय तथा ध्रुवीय विलायकों में विलेय यौगिकों के प्रकारों के नाम दीजिए।

## आपने क्या सीखा

- तत्व आपस में इसलिए अभिक्रिया करते हैं कि उनके परमाणु निकटतम उत्कृष्ट गैस के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को प्राप्त कर लें।
- किसी अणु में दो परमाणुओं के आपस में जुड़े रहने के फलस्वरूप एक रासायनिक आबंध निर्मित होता है।
- एक रासायनिक आबंध की उत्पत्ति के परिणामस्वरूप अणु की ऊर्जा का निम्नीकरण होता है। अर्थात् अणु की ऊर्जा, परमाणुओं की पृथक ऊर्जा से कम होती है।
- एक निम्न आयनन ऊर्जा वाले परमाणु से, दूसरे उच्च इलेक्ट्रॉन बंधुता वाले परमाणु के इलेक्ट्रॉन (इलेक्ट्रॉनों) के स्थानांतरण के परिणामस्वरूप एक आयनिक अथवा वैद्युत संयोजी आबंध निर्मित होता है।
- आयनिक (वैद्युतसंयोजी) आबंध द्वारा आबंधित

परमाणु परस्पर प्रबल स्थिर वैद्युत आकर्षण बल द्वारा जुड़े होते हैं।

- दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों के सहभाजन के परिणामस्वरूप एक सहसंयोजक आबंध का विरचन होता है तथा प्रत्येक परमाणु द्वारा सहभाजित इलेक्ट्रॉनों का बराबर का योगदान होता है।
- जब दो समान प्रकृति वाले परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी होती है तो सहभाजित इलेक्ट्रॉन युग्म दोनों परमाणुओं से बराबर दूरी पर अर्थात् दोनों के मध्य में स्थित होता है तथा इस प्रकार से उत्पन्न आबंध को **अध्रुवीय सहसंयोजी आबंध** कहते हैं।
- जब दो असमान प्रकृति वाले परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों का सहभाजन होता है तो सहभाजित इलेक्ट्रॉन युग्म अधिक विद्युतऋणात्मकता वाले परमाणु की तरफ विस्थापित हो जाता है। इस प्रकार से निर्मित आबंध को **ध्रुवीय सहसंयोजी आबंध** कहते हैं।
- जब दो परमाणुओं के मध्य एक इलेक्ट्रॉन युग्म सहभाजित होता है तो एक **सहसंयोजक आबंध** निर्मित होता है। जब इनके मध्य दो इलेक्ट्रॉन युग्मों का सहभाजन होता है तो एक **द्विआबंध** विरचित होता है तथा इसी प्रकार से इनके मध्य तीन इलेक्ट्रॉन युग्मों के सहभाजन के परिणामस्वरूप एक **त्रिआबंध** की उत्पत्ति होती है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. रासायनिक संयोग के क्या कारण हैं ?
2. उन विभिन्न तरीकों का उल्लेख कीजिए जिनके द्वारा कोई परमाणु उत्कृष्ट गैस के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को प्राप्त कर सकता है।
3. उत्कृष्ट गैसें अक्रियाशील क्यों होती हैं ?
4. निम्न चार तत्वों, A, B, C एवं D में से कौन-सा तत्व सबसे अधिक स्थायी होगा और क्यों ? कोष्ठकों में तत्वों की परमाणु संख्या दी गई है।
   A(8), B(9), C(10), D(2)
5. आयन क्या होते हैं ? एक परमाणु एवं उसके आयन के बीच अंतर की व्याख्या कीजिए।
6. अष्टक विन्यास का अर्थ समझाइए। एक ऐसे तत्व का नाम दीजिए जो आबंध विरचन के उपरांत भी अष्टक विन्यास प्राप्त नहीं करता है।
7. वैद्युत संयोजी यौगिकों के गलनांक उच्च क्यों होते हैं ?
8. कारण सहित समझाइए कि क्यों सोडियम क्लोराइड के गलित अवस्था में विद्युतधारा प्रवाहित होती है परन्तु ठोस अवस्था में नहीं ?
9. धनात्मक सोडियम आयन ($Na^+$) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्या होगा ? यह विन्यास किस निकटतम उत्कृष्ट गैस के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास का है ?
10. निम्नलिखित यौगिक अणुओं में किस प्रकार के आबंध उपस्थित हैं ?
    (i) हाइड्रोजन
    (ii) आयोडीन
    (iii) मैग्नीशियम क्लोराइड
    (iv) सोडियम ऑक्साइड
    (v) कार्बन डाइऑक्साइड

11. अष्टक का क्या नियम है ? आयनिक एवं सहसंयोजी यौगिकों का एक-एक उदाहरण देते हुए इसकी व्याख्या कीजिए।
12. हाइड्रोजन एवं क्लोरीन के परमाणुओं के अलग-अलग संयोग के उपरांत हाइड्रोजन अणु एवं क्लोरीन अणु विरचित होते हैं। परन्तु इसी प्रकार से आर्गन परमाणुओं के आपस में संयोग कराने के उपरांत आर्गन अणु निर्मित नहीं होता है। इसको कारण सहित समझाइए।
13. दो परमाणुओं के मध्य निर्मित विभिन्न प्रकार के रासायनिक आबंधों का उल्लेख कीजिए। प्रत्येक प्रकार के आबंधों के कम से कम दो उदाहरण दीजिए।
14. आयनिक एवं सहसंयोजी यौगिकों के तीन-तीन आभिलाक्षणिक गुणधर्मों का उल्लेख कीजिए।
15. विद्युतऋणात्मकता पद की व्याख्या कीजिए। यह इलेक्ट्रॉन बंधुता से किस प्रकार से भिन्न होता हैं ?
16. विद्युत ऋणात्मकता में अंतर न रखने वाले तथा विद्युतऋणात्मकता में अंतर रखने वाले दो परमाणुओं द्वारा निर्मित आबंधों की प्रकृति में क्या मूलभूत अंतर होंगे ?
17. आवर्त सारणी के समूह 1 एवं 2 के तत्वों द्वारा निर्मित संगत फ्लुओराइडों में उपस्थित आबंध की क्या प्रकृति होगी ?

अध्याय

# रासायनिक अभिक्रियाएँ
## (Chemical Reactions)

हम अपने अंदर और अपने आस-पास होने वाले कई रासायनिक परिवर्तनों से परिचित हैं, जैसे – दूध का दही में बदलना, लोहे की वस्तुओं में जंग लगना और हमारे शरीर में भोजन का पाचन। इन सभी परिवर्तनों में पदार्थ की प्रकृति और पहचान भी बदलती है और हम यह कहते हैं कि रासायनिक अभिक्रिया हुई है। विज्ञान की भाषा में रासायनिक अभिक्रिया को सांकेतिक रूप में रासायनिक समीकरण द्वारा दर्शाते हैं। रासायनिक समीकरण में तत्वों के संकेत और यौगिकों के सूत्र होते हैं। इस अध्याय में हम यौगिकों के रासायनिक सूत्रों, रासायनिक समीकरणों और अंततः कुछ रासायनिक अभिक्रियाओं के बारे पढ़ेंगे।

### 6.1 रासायनिक सूत्र

पिछले अध्याय में हमने परिचर्चा की है कि किस प्रकार तत्वों के परमाणु रासायनिक आबंधों द्वारा जुड़कर आयनिक अथवा सहसंयोजी यौगिकों का निर्माण करते हैं। तत्वों को उनके संकेतों द्वारा प्रदर्शित करते हैं (H-हाइड्रोजन, Na-सोडियम, इत्यादि)। इसी प्रकार यौगिकों को संक्षिप्त निरूपण द्वारा प्रदर्शित करते हैं जिसको सूत्र कहते हैं। किसी यौगिक के सूत्र से पता चलता है कि (i) उसमें कौन-कौन से संघटक परमाणु हैं, तथा (ii) प्रत्येक संघटक तत्व के परमाणुओं की संख्या कितनी है अर्थात् यौगिकों के सूत्र उनके रासायनिक संघटन प्रदर्शित करते हैं।

किसी यौगिक में विद्यमान तत्वों के परमाणुओं को संकेतों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है तथा परमाणुओं की संख्याओं के पादांकों (subscript) को उनके संगत संकेतों के नीचे दाईं ओर लिखते हैं। उदाहरणार्थ, जल के सूत्र को $H_2O$ द्वारा प्रदर्शित करते हैं। इसमें हाइड्रोजन के पादांक (2) तथा ऑक्सीजन के पादांक (1) को संकेत के नीचे दाईं ओर लिखते हैं। चूँकि 1 को लिखने की प्रथा नहीं है अतः जल के सूत्र को $H_2O$ द्वारा प्रदर्शित करते हैं। सूत्रों को लिखने के लिए कभी-कभी कोष्ठक का भी प्रयोग करते हैं। उदाहरणार्थ, $Ca(OH)_2$, यहाँ पर कोष्ठक में दो हाइड्रॉक्सिल समूह विद्यमान हैं जो हाइड्रॉक्सिल समूह के पादांक 2 को व्यक्त करते हैं जो एक कैल्सियम परमाणु द्वारा जुड़े होते हैं। अर्थात्, एक हाइड्रॉक्सिल समूह (OH) में एक ऑक्सीजन और एक हाइड्रोजन परमाणु संयुक्त हैं।

पिछले अध्याय में आपने अध्ययन किया कि विभिन्न तत्व, रासायनिक आबंधों द्वारा जुड़कर यौगिक बनाते हैं। तत्वों के संयोजकता इलेक्ट्रॉन साझेदारी या स्थानांतरण द्वारा सहसंयोजी अथवा आयनिक यौगिक बनाते हैं। यह सब तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर आधारित होता है। किसी सहसंयोजी या आण्विक यौगिक का रासायनिक सूत्र उसमें उपस्थित अणुओं के संघटकों को दर्शाता है। आयनिक यौगिकों का रासायनिक सूत्र उसमें उपस्थित आयनों के अनुपातों और सूत्र इकाई को प्रदर्शित करता है।

अब हम कुछ सरल आण्विक और आयनिक यौगिकों के नाम तथा सूत्र लिखने के ढंग पर परिचर्चा करेंगे।

#### 6.1.1 सरल यौगिकों के नाम और रासायनिक सूत्र

सरल आण्विक और आयनिक यौगिक साधारणतः द्वि-अंगी यौगिक होते हैं अर्थात् वे दो विभिन्न तत्वों से मिलकर बनते हैं। किसी द्वि-अंगी यौगिक का सूत्र लिखते समय अधिक विद्युत ऋणी तत्व को बाएँ तरफ लिखते हैं। उदाहरण के लिए, जब धातु किसी अधातु के साथ जुड़ती है तो धातु तत्व का संकेत बाईं ओर तथा अधातु तत्व का संकेत दाईं ओर लिखते हैं। यौगिकों का नाम लिखते समय पहले तत्व का नाम उसी प्रकार तथा दूसरे अधिक विद्युत ऋणी तत्व को अंत में बदलकर **आइड** लिखते हैं! उदाहरणार्थ,

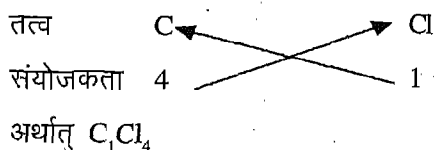
| | | |
|---|---|---|
| कैल्सियम ऑक्साइड | CaO | (ऑक्सीजन को बदलकर ऑक्साइड) |
| आयरन सल्फाइड | FeS | (सल्फर को बदलकर सल्फाइड) |

सोडियम क्लोराइड NaCI (क्लोरीन को बदलकर क्लोराइड)

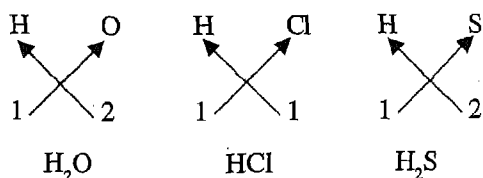
### 6.1.2 आण्विक यौगिकों के सूत्र

आप अध्ययन कर चुके हैं कि यौगिक, जो सहसंयोजक आबंध द्वारा बनते हैं, **आण्विक यौगिक** कहलाते हैं। किसी परमाणु के इलेक्ट्रॉनों की वह संख्या जो दूसरे परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनों के साथ साझेदारी करके सहसंयोजक आबंध निर्मित करने में उपयुक्त होती है उसे उस परमाणु की संयोजकता कहते हैं। उदाहरणार्थ, कार्बन परमाणु अपने चार **संयोजकता इलेक्ट्रॉनों** की साझेदारी कर सकता है और क्लोरीन परमाणु अपने एक संयोजकता इलेक्ट्रॉन की साझेदारी कर सकता है। दूसरे शब्दों में कार्बन की संयोजकता चार तथा क्लोरीन की संयोजकता एक है। इसका अर्थ यह है कि कार्बन और क्लोरीन के बीच यौगिक के बनने में कार्बन के एक परमाणु के चार इलेक्ट्रॉन, चार क्लोरीन परमाणुओं के चार इलेक्ट्रॉनों के साथ साझेदारी करते हैं अर्थात्, प्रत्येक कार्बन परमाणु चार क्लोरीन परमाणुओं के साथ संयोग करता है। इसलिए इस यौगिक का सूत्र $CCl_4$ होता है। आण्विक यौगिक के रासायनिक सूत्र लिखने के लिए, हम संघटक तत्वों और उनकी संयोजकता को नीचे दिखाए ढंग से लिखते हैं और फिर जुड़ने वाले तत्वों की संयोजकता को आपस में क्रास (बदल) कर देते हैं।

उदाहरणार्थ,

अर्थात् $C_1Cl_4$

इस प्रकार यौगिक का सूत्र $CCl_4$ होगा।

आण्विक सूत्र लिखने के कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं :

$H_2O$ HCl $H_2S$

### 6.1.3 द्वि-अंगी आण्विक यौगिकों के नामकरण

जैसा ऊपर उल्लेख किया है कि द्वि-अंगी आण्विक यौगिकों के नाम लिखते समय हम आण्विक यौगिक के बाईं ओर लिखे जाने वाले तत्व के नाम का संकेत पहले लिखते हैं तथा दाईं तरफ लिखे जाने वाले तत्व का नाम अंत में बदलकर **आइड** लिखते हैं, जैसे—ऑक्सीजन, क्लोरीन एवं सल्फर के नामों को बदलकर ऑक्साइड क्लोराइड एवं सल्फाइड कर देते हैं। उदाहरण के लिए, HCl का नाम हाइड्रोजन क्लोराइड एवं MgO को मैग्नीशियम ऑक्साइड लिखते हैं।

जब यौगिक में किसी तत्व के एक से अधिक परमाणु होते हैं, तो उनकी संख्या को व्यक्त करने के लिए एक संख्यात्मक पूर्वलग्न (prefix) मोनो, डाइ, ट्राइ इत्यादि लगाते हैं जैसा कि सारणी 6.1 में दिखाया गया है।

**सारणी 6.1 : संख्यात्मक पूर्वलग्न**

| *परमाणुओं की संख्या* | *पूर्वलग्न* | *उदाहरण* | |
|---|---|---|---|
| 1 | मोनो | कार्बन मोनोक्साइड | CO |
| 2 | डाइ | कार्बन डाइऑक्साइड | $CO_2$ |
| 3 | ट्राइ | फॉस्फोरस ट्राइक्लोराइड | $PCl_3$ |
| 4 | टेट्रा | कार्बन टेट्राक्लोराइड | $CCl_4$ |
| 5 | पेंटा | डाइनाइट्रोजन पेंटाक्साइड | $N_2O_5$ |

पूर्वलग्न ग्रीक भाषा से संबंध रखते हैं। सारणी 6.1 में आपने ध्यान दिया होगा कि पूर्वलग्न के आखिर में **-ओ** या **-ए** को दूसरे स्वर अर्थात -ओ या -ए, से पहले हटा देते हैं अर्थात् **मोनोक्साइड, पेंटाक्साइड।** संख्यात्मक पूर्वलग्न और तत्व के नाम के बीच **स्थान नहीं** छोड़ते हैं। द्वि-अंगी आण्विक यौगिकों में पूर्वलग्न का प्रयोग आवश्यक है क्योंकि दो समान अधातुएँ कई यौगिक बना सकती हैं। उदाहरण के लिए, दो तत्व, नाइट्रोजन और ऑक्सीजन मिलकर NO, $NO_2$, $N_2O$, $N_2O_3$, $N_2O_4$ और $N_2O_5$ यौगिक बना सकते हैं। पहले तत्व के लिए पूर्वलग्न मोनो नहीं लिखा जाता है (सारणी 6.1)। उदाहरणार्थ, NO को नाइट्रोजन मोनोक्साइड कहते हैं ना कि मोनोनाइट्रोजन मोनोक्साइड।

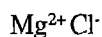
यौगिक में जब हाइड्रोजन प्रथम तत्व होता है तो हाइड्रोजन से पहले पूर्वलग्न नहीं लगाते हैं चाहे उसकी संख्या कितनी भी हो। उदाहरणार्थ, $H_2S$ का नाम हाइड्रोजन सल्फाइड है न कि डाइहाइड्रोजन सल्फाइड।

कुछ द्वि-अंगी आण्विक यौगिकों को उनके साधारण

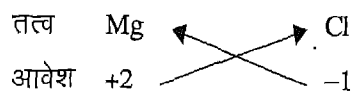
नामों से जाना जाता है। उदाहरण के लिए, $H_2O$ जो कि वास्तव में हाइड्रोजन मोनोक्साइड है, उसे सामान्यतः जल के नाम से जाना जाता है। इसी प्रकार यौगिक $NH_3$ जो कि वास्तव में नाइट्रोजन ट्राइऑक्साइड है, उसे अमोनिया के नाम से जाना जाता है।

### 6.1.4 आयनिक यौगिकों के सूत्र

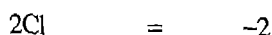
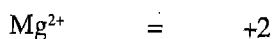
आयनिक यौगिकों के सूत्र में विद्यमान उनके आयन (धनायन एवं ऋणायन) सरल पूर्ण संख्या अनुपात को दिखाते हैं। कुल धनावेश और कुल ऋणावेश बराबर होते हैं। आयनिक यौगिक का सूत्र लिखते समय धनायन का संकेत या सूत्र पहले लिखते हैं फिर बाद में ऋणायन का सूत्र या संकेत लिखते हैं। इसे मैग्नीशियम क्लोराइड के सूत्र लिखकर समझाया गया है। मैग्नीशियम क्लोराइड में हम पहले धनायन का संकेत ($Mg^{2+}$) उसके बाद ऋणायन का संकेत ($Cl^-$) लिखते हैं।

$Mg^{2+} Cl^-$

चूँकि धनावेशों और ऋणावेशों को बराबर करना है इसलिए हम $Cl^-$ आयन की संख्या को 2 कर देते हैं। इसका अर्थ यह है कि द्वि धनावेश वाला एक $Mg^{2+}$ एक ऋणावेश वाले दो क्लोराइड आयन $Cl^-$ के साथ जुड़ता है, जिससे आवेश उदासीन हो जाते हैं। इस प्रकार मैग्नीशियम क्लोराइड का सूत्र $MgCl_2$ प्राप्त होता है। ध्यान रहे कि इस सूत्र में आयनों का आवेश नहीं दर्शाया गया है।

दूसरे प्रकार से आयनिक यौगिकों का सूत्र लिखने के लिए आयनों के धनावेशों तथा ऋणावेशों को आपस में क्रास करके उनकी संख्या को बराबर किया जाता है।

| तत्त्व | Mg | Cl |
|---|---|---|
| आवेश | +2 | –1 |

इस प्रकार हम आवेश बराबर कर जाँच-पड़ताल कर सकते हैं।

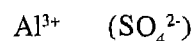
$Mg^{2+} = +2$

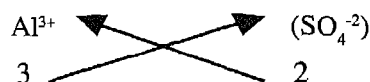
$2Cl = -2$

ऐसे द्वि-अंगी यौगिक जिनमें एक ऋणायन तथा एक धनायन होता है, सबसे सरल आयनिक यौगिक होते हैं। उदाहरण के लिए, सोडियम क्लोराइड (NaCl), इसमें $Na^+$ और $Cl^-$ आयन होते हैं।

जब एक से अधिक तत्वों के परमाणु आपस में जुड़कर एक सामान्य धनावेश या ऋणावेश आयन बनाते हैं, वे आयन **बहुपरमाण्विक आयन** कहलाते हैं। हम सामान्यतः बहुपरमाण्विक आयनों को ऋणावेशित पाते हैं। सारणी 6.2 में कुछ सामान्य एकपरमाण्विक आयन तथा सारणी 6.3 में कुछ बहुपरमाण्विक आयन दिए गए हैं।

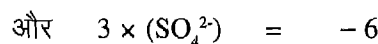
अब हम ऐलुमिनियम आयन और सल्फेट आयन द्वारा बने यौगिक का सूत्र लिखते हैं।

1. पहले धनायन का संकेत तत्पश्चात् ऋणायन का सूत्र लिखिए :

   $Al^{3+}$ $(SO_4^{2-})$

2. आयनों के आवेशों को आपस में क्रास करके लिखिए। ये परमाणु अथवा परमाणुओं के समूह के पादांक बन जाते हैं।

| $Al^{3+}$ | $(SO_4^{-2})$ |
|---|---|
| 3 | 2 |

आवेश के संतुलन (balance) को हम निम्न प्रकार से जाँच सकते हैं।

$2 \times Al^{3+} = +6$

और $3 \times (SO_4^{2-}) = -6$

इसलिए एलुमिनियम सल्फेट का सूत्र $Al_2(SO_4)_3$ है।

**प्रश्न**

1. निम्न के बीच बनने वाले यौगिक का सूत्र और नाम लिखिए :
   (i) पोटैशियम और आयोडाइड आयन
   (ii) सोडियम और सल्फाइड आयन
   (iii) ऐलुमिनियम और क्लोराइड आयन
2. निम्न आयनों के संयोग से बनने वाले यौगिकों के सूत्र लिखिए।
   (i) $Cr^{3+}$ और $F^-$, (ii) $Hg^{2+}$ और $S^{2-}$
   (iii) $Pb^{2+}$ और $PO_4^{3-}$
3. निम्नलिखित यौगिकों के सूत्र लिखिए :
   (i) अमोनियम कार्बोनेट, (ii) बेरियम सल्फेट
   (iii) कैल्सियम फॉस्फेट
4. निम्नलिखित सूत्रों द्वारा दर्शाए गए यौगिकों के नाम लिखिए :
   (i) NiS (ii) $Mg(NO_3)_2$ (iii) $K_2SO_4$

सारणी 6.2 : कुछ सामान्य एकपरमाण्विक आयन।

| +1 आवेश | | +2 आवेश | | +3 आवेश | |
|---|---|---|---|---|---|
| *आयन का नाम* | *सूत्र* | *आयन का नाम* | *सूत्र* | *आयन का नाम* | *सूत्र* |
| *कॉपर (क्यूप्रस) | $Cu^{+}$ | बेरियम | $Ba^{2+}$ | ऐलुमिनियम | $Al^{3+}$ |
| पोटैशियम | $K^{+}$ | कैडमियम | $Cd^{2+}$ | क्रोमियम | $Cr^{3+}$ |
| सिल्वर | $Ag^{+}$ | *आयरन (II) | $Fe^{2+}$ | *आयरन (III) | $Fe^{3+}$ |
| सोडियम | $Na^{+}$ | *कॉपर (II) | $Cu^{2+}$ | | |
| *लैड (I) | $Pb^{+}$ | *लैड (II) | $Pb^{2+}$ | | |
| | | मैग्नीशियम | $Mg^{2+}$ | | |
| | | मैंगनीज़ | $Mn^{2+}$ | | |
| | | *मर्करी (I) | $Hg_2^{2+}$ | | |
| | | जिंक | $Zn^{2+}$ | | |
| **–1 आवेश** | | **–2 आवेश** | | **–3 आवेश** | |
| *आयन का नाम* | *सूत्र* | *आयन का नाम* | *सूत्र* | *आयन का नाम* | *सूत्र* |
| ब्रोमाइड | $Br^{-}$ | ऑक्साइड | $O^{2-}$ | नाइट्राइड | $N^{3-}$ |
| क्लोराइड | $Cl^{-}$ | सल्फाइड | $S^{2-}$ | | |
| फ्लोराइड | $F^{-}$ | | | | |
| आयोडाइड | $I^{-}$ | | | | |

** ये तत्व एक से अधिक संयोजकता दर्शाते हैं इसलिए कोष्ठक में इनकी संयोजकता को रोमन संख्या द्वारा दिखाते हैं।*

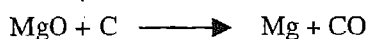
सारणी 6.3 : कुछ सामान्य बहुपरमाण्विक आयन।

| –1 आवेश | | –2 आवेश | | –3 आवेश | |
|---|---|---|---|---|---|
| *आयन का नाम* | *सूत्र* | *आयन का नाम* | *सूत्र* | *आयन का नाम* | *सूत्र* |
| हाइड्रोजन कार्बोनेट या बाइकार्बोनेट | $HCO_3^{-}$ | कार्बोनेट | $CO_3^{2-}$ | फॉस्फेट | $PO_4^{3-}$ |
| हाइड्रॉक्साइड | $OH^{-}$ | सल्फेट | $SO_4^{2-}$ | | |
| नाइट्रेट | $NO_3^{-}$ | सल्फाइट | $SO_3^{2-}$ | | |
| नाइट्राइट | $NO_2^{-}$ | क्रोमेट | $CrO_4^{2-}$ | | |
| | +1 आवेश | | | | |
| अमोनियम | $NH_4^{+}$ | | | | |

## 6.5 रासायनिक समीकरण

***"किसी रासायनिक अभिक्रिया में तत्वों या यौगिकों को शब्दों के स्थान पर उनके सूत्रों तथा संकेतों द्वारा निरूपित करने के उपरांत प्राप्त समीकरण को रासायनिक समीकरण कहते हैं।"***

उदाहरणार्थ, मैग्नीशियम ऑक्साइड की कार्बन के साथ अभिक्रिया में मैग्नीशियम तथा कार्बन मोनोक्साइड उत्पन्न होते हैं। यह अभिक्रिया संक्षिप्त रूप में रासायनिक समीकरण द्वारा निम्न रूप में दिखाई गई है।

$$MgO + C \longrightarrow Mg + CO$$

### 6.2.1 रासायनिक समीकरण लिखने की विधि

रासायनिक समीकरण लिखने के निम्नलिखित पद हैं :

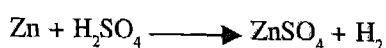
आइए, हम जिंक और तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की अभिक्रिया का उदाहरण लेते हैं जिसमें कि जिंक सल्फेट का विलयन तथा हाइड्रोजन गैस उत्पन्न होते हैं। इसे हम शब्द रूप में निम्न प्रकार लिखते हैं :

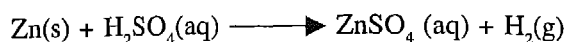
जिंक + सल्फ्यूरिक अम्ल ⟶ जिंक सल्फेट + हाइड्रोजन

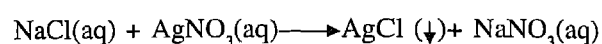
अब हम रासायनिक समीकरण दर्शाने के लिए तत्वों और यौगिकों के क्रमशः संकेत और सूत्र लिखते हैं। रासायनिक समीकरण को लिखने की विधि इस प्रकार है:

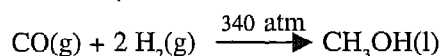
1. अभिक्रिया करने वाले **पदार्थों (अभिकर्मकों)** के संकेतों और सूत्रों को बाईं ओर लिखकर उनके बीच में (+) का चिह्न लगाते हैं।
2. अभिक्रिया में बनने वाले पदार्थों **(उत्पादों)** के संकेतों और सूत्रों को दाईं ओर लिखकर उनके बीच में (+) का चिह्न लगाते हैं।
3. अभिकर्मकों और उत्पादों के बीच में एक (⟶) **तीर** का चिह्न लगाते हैं।

इन तीन पदों का उपयोग करने के बाद, उपरोक्त अभिक्रिया, निम्नलिखित रासायनिक समीकरण द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है :

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$

रासायनिक अभिकरण में अभिकर्मकों और उत्पादों की **भौतिक अवस्थाओं** का भी उल्लेख किया जाता है। अभिकर्मकों और उत्पादों के चिह्नों या सूत्रों के साथ कोष्ठक में संकेत चिह्न g, l, s aq लिखते हैं। ये संकेत क्रमशः गैसीय, द्रव, ठोस तथा जलीय अवस्था को दर्शाते हैं।

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4\,(aq) + H_2(g)$$

गैसीय उत्पादों को चिह्न (↑) द्वारा भी प्रदर्शित करते हैं। अवक्षेप (precipitate) के बनने को चिह्न (↓) द्वारा प्रदर्शित करते हैं (अभिक्रिया के समय जल में कई बार अघुलनशील या अल्पघुलनशील पदार्थ बनते हैं तथा विलयन से बाहर हो जाते हैं)। NaCl एवं $AgNO_3$ की अभिक्रिया में AgCl का सफेद अवक्षेप उत्पन्न होता है।

$$NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow AgCl\,(\downarrow) + NaNO_3(aq)$$

जब तक भौतिक अवस्थाओं का उल्लेख आवश्यक न हो तब तक उन्हें साधारणतया रासायनिक समीकरण में सम्मिलित नहीं किया जाता है। कभी-कभी अभिक्रिया के तापक्रम, दाब और उत्प्रेरक को समीकरण में तीर के ऊपर और/या तीर के नीचे दिखाते हैं, जैसे कि –

$$CO(g) + 2\,H_2(g) \xrightarrow{340\ atm} CH_3OH(l)$$

रासायनिक समीकरण वास्तविक रासायनिक अभिक्रिया को प्रदर्शित करते हैं जिसमें अभिकर्मक और उत्पाद ज्ञात होते हैं। ये केवल गणितीय समीकरण नहीं होती हैं।

### 6.2.2 रासायनिक समीकरण को संतुलित करने की विधि

आइए निम्न रासायनिक समीकरणों पर विचार करें:

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2 \quad (i)$$

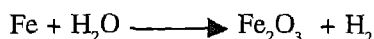
$$Na + H_2O \longrightarrow NaOH + H_2 \quad (ii)$$

समीकरण (i) में दोनों ओर के विभिन्न तत्वों के परमाणु बराबर हैं। समीकरण (ii) में हाइड्रोजन की संख्या बराबर नहीं है (बाईं ओर 2 तथा दाईं ओर 3 हाइड्रोजन परमाणु हैं)।

समीकरण (i) एक संतुलित रासायनिक समीकरण है जबकि समीकरण (ii) संतुलित नहीं है। यह **रासायनिक समीकरण की मूलभूत रूपरेखा** (skeletal chemical equation) को दर्शाती है। रासायनिक समीकरण में दोनों ओर तत्वों के परमाणु बराबर होने चाहिए (द्रव्यमान के

संरक्षण का नियम)। रासायनिक समीकरण की इस रूपरेखा में तीर के दोनों ओर तत्वों के परमाणुओं को बराबर करना ही संतुलित करना कहलाता है।

आइए, रासायनिक समीकरण को संतुलित करना सीखते हैं। रासायनिक समीकरण को संतुलित करने में कई पद होते हैं। इन पदों को निम्नलिखित समीकरण के उदाहरण द्वारा समझते हैं :

$$Fe + H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + H_2$$

**पद** (i) **:** इस असंतुलित समीकरण में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्या की जाँच करते हैं।

| *तत्व* | *अभिकर्मकों में परमाणुओं की संख्या* | *उत्पादों में परमाणुओं की संख्या* |
|---|---|---|
| Fe | 1 | 2 |
| H | 2 | 2 |
| O | 1 | 3 |

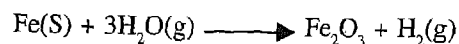
**पद** (ii) **:** समीकरण को संतुलित करने के लिए पहले एक तत्व को लेते हैं। अधिकतम परमाणुओं की संख्या वाले यौगिक से प्रारंभ करना सरल होता है चाहे वह अभिकर्मक (reactant) हो या उत्पाद (product)। इस यौगिक में भी अधिकतम परमाणुओं वाले तत्व को लेते हैं। इन परिचर्चाओं का उपयोग कर हम $Fe_2O_3$ का चयन करते हैं और उसमें ऑक्सीजन तत्व को लेते हैं।

ऑक्सीजन परमाणुओं को संतुलित करने के लिए :

| *ऑक्सीजन के परमाणु* | *अभिकर्मकों में* | *उत्पादों में* |
|---|---|---|
| आरंभिक | 1 ($H_2O$) | 3 ($Fe_2O_3$) |
| संतुलित करने के लिए | $1 \times 3$ | $3 \times 1$ |

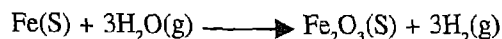
परमाणुओं की संख्या बराबर करने के लिए हम सूत्र के बाईं ओर गुणांक (coefficient) लगाते हैं। गुणांक एक पूर्ण संख्या है जिसका बीज गणितीय समीकरणों में उपयोग करते हैं। यह ध्यान रखें कि गुणांक लगाते समय सूत्र के पदांक को नहीं बदलते हैं, अर्थात् ऑक्सीजन परमाणुओं को संतुलित करने के लिए हम गुणांक 3 इस प्रकार लगाते हैं : $3H_2O$ न कि $H_2O_3$ या $(H_2O)_3$।

अब आंशिक संतुलित समीकरण को इस प्रकार से लिखते हैं–

$$Fe(S) + 3H_2O(g) \longrightarrow Fe_2O_3 + H_2(g)$$

**पद** (iii) **:** आंशिक संतुलित समीकरण को संतुलित करने के लिए दूसरा तत्व लेते हैं। आइए, अब हम हाइड्रोजन परमाणुओं को संतुलित करें :

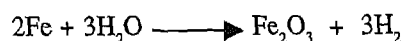
| *हाइड्रोजन के परमाणु* | *अभिकर्मकों में* | *उत्पादों में* |
|---|---|---|
| आरंभिक | 6 ($3H_2O$) | 2 ($H_2$) |
| संतुलित करने के लिए | $6 \times 1$ | $2 \times 3$ |

हाइड्रोजन परमाणुओं को बराबर करने के लिए हम उत्पाद के $H_2$ में 3 को गुणांक के रूप में लगाते हैं। अब हम समीकरण को इस प्रकार से लिख सकते हैं–

$$Fe(S) + 3H_2O(g) \longrightarrow Fe_2O_3(S) + 3H_2(g)$$

**पद** (iv) **:** अब तीसरे तत्व को संतुलित करने के लिए लेते हैं। उपरोक्त समीकरण की जाँच करने पर आप देखेंगे कि केवल एक तत्व संतुलित होने से रह गया है अर्थात् आयरन।

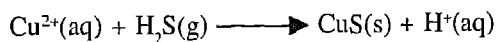
| *लोहे के परमाणु* | *अभिकर्मकों में* | *उत्पादों में* |
|---|---|---|
| आरंभिक | 1(Fe) | 2($Fe_2O_3$) |
| संतुलित करने के लिए | $1 \times 2$ | $2 \times 1$ |

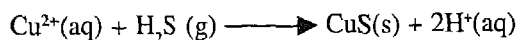
Fe को बराबर करने के लिए हम अभिकर्मक में गुणांक 2 को लगाते हैं।

$$2Fe + 3H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2$$

अब समीकरण में दोनों ओर हर एक तत्व के परमाणुओं की संख्या बराबर है। समीकरण संतुलित करने के इस बारंबार प्रयास को तीर-तुक्का अथवा जाँच व सफलता (trial and success या Hit and trial) विधि कहते हैं क्योंकि हम समीकरण को संतुलित करने के लिए लगातार केवल पूर्ण निम्नतम संख्या गुणांक का प्रयोग करते हैं।

अब तक हमने **द्रव्यमान या पदार्थ संतुलित करने** के आधार पर (पदार्थ संतुलन) परमाणुओं की संख्या को बराबर करके रासायनिक समीकरण को संतुलित किया है। कभी-कभी रासायनिक समीकरणों को उनके

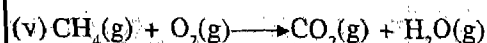
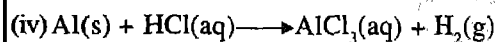
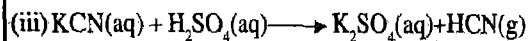
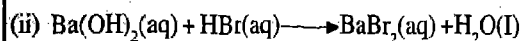
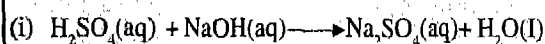
आयनिक रूप में लिखा जाता है। इन समीकरणों में द्रव्यमान पदार्थ संतुलित करने के साथ-साथ आवेशों को भी संतुलित करते हैं। उदाहरण के लिए, आयनिक समीकरण :

$$Cu^{2+}(aq) + H_2S(g) \longrightarrow CuS(s) + H^+(aq)$$

संतुलित करने पर यह समीकरण इस प्रकार हो जाता है :

$$Cu^{2+}(aq) + H_2S\ (g) \longrightarrow CuS(s) + 2H^+(aq)$$

आप देखेंगे कि अभिकर्मक रूप में कॉपर आयन के 2+ आवेश को उत्पाद के रूप में दोनों हाइड्रोजन आयन के 1+ आवेश द्वारा संतुलित किया है।

**इस प्रकार, *संतुलित रासायनिक समीकरण में द्रव्यमान के साथ-साथ आवेश को भी संतुलित किया जाता है।***

**प्रश्न**

1. निम्नलिखित अभिकियाओं के रासायनिक समीकरण लिखिए :
   (i) जिंक धातु जलीय हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ अभिकिया कर जिंक क्लोराइड का विलयन तथा हाइड्रोजन गैस बनाती है।
   (ii) जब ठोस मर्करी (II) ऑक्साइड को गरम करते हैं तब द्रव मर्करी तथा ऑक्सीजन गैस उत्पन्न होती हैं।
2. निम्नलिखित समीकरणों को संतुलित कीजिए :
   (i) $H_2SO_4(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$
   (ii) $Ba(OH)_2(aq) + HBr(aq) \longrightarrow BaBr_2(aq) + H_2O(l)$
   (iii) $KCN(aq) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow K_2SO_4(aq) + HCN(g)$
   (iv) $Al(s) + HCl(aq) \longrightarrow AlCl_3(aq) + H_2(g)$
   (v) $CH_4(g) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$

## 6.3 विभिन्न प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाएँ

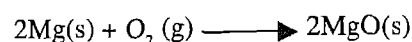
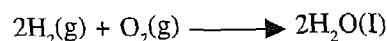
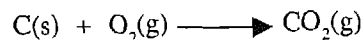
रासायनिक अभिक्रियाओं को विभिन्न प्रकार के परिवर्तनों के आधार पर अनेक वर्गों में वर्गीकृत किया गया है। आइए, विभिन्न प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाओं के बारे में परिचर्चा करते हैं।

### संयोजन अभिक्रियाएँ

संयोजन अभिक्रियाओं में, जैसे नाम द्वारा विदित है, दो या दो से अधिक पदार्थ (तत्व या यौगिक) सरलता से संयोग कर नए पदार्थ निर्मित करते हैं। उदाहरण के लिए, जब पदार्थ वायु में दहन करते हैं तो वे वायु में उपस्थित ऑक्सीजन से संयोग करते हैं।

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

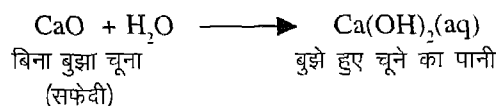
$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

$$2Mg(s) + O_2\ (g) \longrightarrow 2MgO(s)$$

इस प्रकार की दहन अभिकियाएँ संयोजन अभिक्रियाएँ कहलाती हैं।

संयोजन अभिक्रियाओं का एक महत्त्वपूर्ण औद्योगिक उपयोग हाइड्रोजन क्लोराइड गैस का उत्पादन है जहाँ हाइड्रोजन और क्लोरीन गैसें परस्पर अभिक्रिया कर हाइड्रोजन क्लोराइड बनाती हैं।

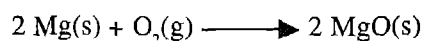
हाइड्रोजन क्लोराइड जल में विलय होने के उपरांत हाइड्रोक्लोरिक अम्ल प्रदान करता है। इसके अतिरिक्त आपने ध्यान दिया होगा कि दीवारों पर सफेदी करने के लिए बिना बुझे चूने (CaO) के ठोस सफेद टुकड़ों को बड़े ड्रम में डालकर पानी मिला देते हैं। इसमें निम्नलिखित अभिक्रिया के साथ ऊर्जा निकलती है।

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2(aq)$$

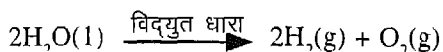
बिना बुझा चूना (सफेदी) → बुझे हुए चूने का पानी

उपरोक्त अभिक्रिया संयोजन अभिक्रिया का एक महत्त्वपूर्ण उदाहरण है। अभिक्रिया पूरी होने पर प्राप्त साफ विलयन को दीवारों पर सफेदी करने के लिए उपयोग में लाया जाता है।

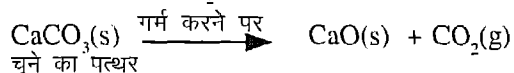
### क्रियाकलाप 6.1

मैग्नीशियम रिबन की एक पट्टी टॉग्स की सहायता से आग में जलाओ। आग से बाहर करने पर आप देखोगे कि मैग्नीशियम रिबन चकाचौंध ज्वाला के साथ जलता है और एक सफेद पदार्थ मैग्नीशियम ऑक्साइड में बदल जाता है। ऐसा निम्नलिखित संयोजन अभिक्रिया के कारण होता है।

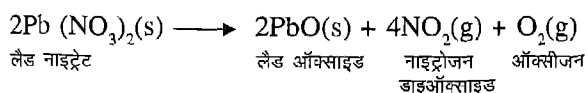
$$2\ Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\ MgO(s)$$

## अपघटन या वियोजन अभिक्रियाएँ

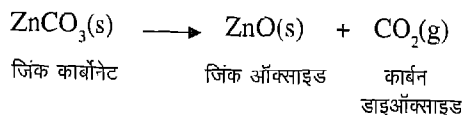
अपघटन अभिक्रियाओं (decomposition reactions) में एक यौगिक टूटकर दो या दो से अधिक सरल पदार्थ उत्पन्न करता है। हम कहते हैं कि यौगिक सरल पदार्थों में अपघटित हो गया है। ये अभिक्रियाएँ संयोजन अभिक्रियाओं के विपरीत हैं। ***जब ताप, विद्युत अथवा प्रकाश के रूप में ऊर्जा प्रदान की जाती है तो अपघटन अभिक्रियाएँ संपन्न होती हैं।*** विद्युत धारा प्रवाहित कर जब हम पदार्थ को अपघटित करते हैं तब यह प्रक्रम विद्युत अपघटन (Electrolysis) कहलाता है (Electro का अर्थ विद्युत तथा lysis का अर्थ है टूटना। जब अम्लीय जल कुछ (बूँदें अम्ल मिली हुई) में विद्युत धारा प्रवाहित करते हैं तब वह हाइड्रोजन और ऑक्सीजन गैस में अपघटित हो जाता है।

$$2H_2O(l) \xrightarrow{\text{विद्युत धारा}} 2H_2(g) + O_2(g)$$

जब पदार्थ गर्म करने पर अपघटित होता है तो यह **तापीय अपघटन** (thermal decomposition) कहलाता है। उदाहरण के लिए चूने के पत्थर ($CaCO_3$) को अधिक गर्म करने पर वह कैल्सियम ऑक्साइड (CaO) तथा कार्बन डाइऑक्साइड ($CO_2$) में अपघटित हो जाता है।

$$\underset{\text{चूने का पत्थर}}{CaCO_3(s)} \xrightarrow{\text{गर्म करने पर}} CaO(s) + CO_2(g)$$

### क्रियाकलाप 6.2

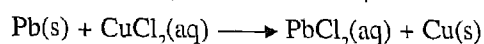
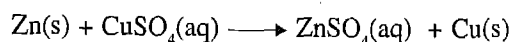
एक परखनली में लैड नाइट्रेट का चूर्ण लो और ज्वाला में गर्म करो। आप देखोगे कि परखनली से भूरे वर्ण का धुआँ निकलता है। इसमें निम्नलिखित अभिक्रिया होती हैं :

$$\underset{\text{लैड नाइट्रेट}}{2Pb(NO_3)_2(s)} \longrightarrow \underset{\text{लैड ऑक्साइड}}{2PbO(s)} + \underset{\text{नाइट्रोजन डाइऑक्साइड}}{4NO_2(g)} + \underset{\text{ऑक्सीजन}}{O_2(g)}$$

उपरोक्त अभिक्रिया में भूरे वर्ण का धुआँ नाइट्रोजन डाइऑक्साइड गैस ($NO_2$) बनने के कारण होता है। धातुक्रमीय (metallurgical) प्रक्रमों में, धातुओं के निष्कर्षण में सामान्यतः अपघटन अभिक्रियाएँ उपयोगी होती हैं। उदाहरण के लिए, जिंक के निष्कर्षण में जिंक का अयस्क ($ZnCO_3$) गर्म करने पर अपघटित हो जाता है।

$$\underset{\text{जिंक कार्बोनेट}}{ZnCO_3(s)} \longrightarrow \underset{\text{जिंक ऑक्साइड}}{ZnO(s)} + \underset{\text{कार्बन डाइऑक्साइड}}{CO_2(g)}$$

## विस्थापन अभिक्रियाएँ

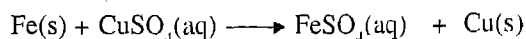
विस्थापन (displacement) अभिक्रियाओं में किसी यौगिक के तत्वों को उससे अधिक सक्रिय तत्व विस्थापित कर देता है या निकाल देता है। ये अभिक्रियाएँ सामान्यतः विलयन रूप में होती हैं। उदाहरण के लिए निम्नलिखित अभिक्रियाएँ देखें :

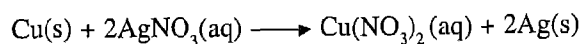
$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

$$Pb(s) + CuCl_2(aq) \longrightarrow PbCl_2(aq) + Cu(s)$$

इनमें जिंक और लैड जो अधिक सक्रिय धातु हैं, कम सक्रिय धातु कॉपर को विलयन में से विस्थापित कर देते हैं।

### क्रियाकलाप 6.3

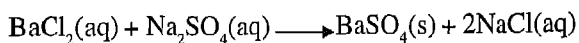
दो परखनलियों में लगभग 5 mL कॉपर सल्फेट विलयन लो। उनमें से एक परखनली में लोहे की कीलें डालो तथा उसमें होने वाले परिवर्तनों का प्रेक्षण करो। इसकी दूसरी परखनली के विलयन से तुलना करो। कुछ समय पश्चात् आप देखोगे कि लोहे की कीलें भूरे (brown) वर्ण की होने लगती हैं और कॉपर सल्फेट का नीला वर्ण हल्का होने लगता है। इस प्रक्रम में निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रिया होती है :

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$$

इसी प्रकार, चूँकि कॉपर सिल्वर (चाँदी) से अधिक सक्रिय है अतः सिल्वर के परिष्करण में सिल्वर नाइट्रेट विलयन में से सिल्वर को कॉपर धातु द्वारा विस्थापित कर पुनः प्राप्त करते हैं :

$$Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$$

## द्विविस्थापन अभिक्रियाएँ

विस्थापन अभिक्रियाओं में यौगिक के परमाणुओं या परमाणुओं के समूह का विस्थापन होता है। यहाँ कुछ अभिक्रियाएँ ऐसी हैं जिनमें दो विभिन्न परमाणुओं या परमाणुओं के समूह का दूसरे परमाणुओं या परमाणुओं के समूह द्वारा विस्थापन होता है। उदाहरण के लिए

निम्नलिखित अभिक्रिया को देखते हैं :

$BaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \longrightarrow BaSO_4(s) + 2NaCl(aq)$

यहाँ $SO_4^{2-}$ आयन $Cl^-$ आयन को तथा $Cl^-$ आयन $SO_4^{2-}$ को विस्थापित करते हैं क्योंकि इन अभिक्रियाओं में दो रासायनिक स्पीशीज शामिल हैं इसलिए इन्हें द्विविस्थापन अभिक्रियाएँ कहते हैं। ये अभिक्रियाएँ सामान्यतः आयनिक यौगिकों में होती हैं।

**प्रश्न**

1. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के संतुलित समीकरण लिखिए तथा अभिक्रिया के प्रकार को पहचानिए :
   (i) जिंक कार्बोनेट(s) $\longrightarrow$ जिंक ऑक्साइड(s) + कार्बन डाइऑक्साइड(g)
   (ii) मैग्नीशियम(s) + हाइड्रोक्लोरिक अम्ल(aq) $\longrightarrow$ मैग्नीशियम क्लोराइड(aq)+हाइड्रोजन(g)
   (iii) पोटैशियम सल्फेट(aq)+बेरियम(aq) आयोडाइड(aq) $\longrightarrow$ पोटैशियम आयोडाइड(aq) + बेरियम ब्रोमाइड सल्फेट(aq)
   (iv) हाइड्रोजन(g) + क्लोरीन(g) $\longrightarrow$ हाइड्रोजन क्लोराइड(g)

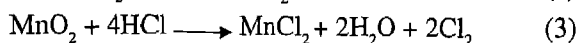
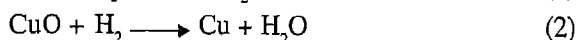
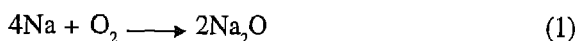
## 6.4 ऑक्सीकरण तथा अपचयन

आपने पिछली कक्षाओं में **ऑक्सीकरण (उपचयन)** तथा **अपचयन** अभिक्रियाओं को ऑक्सीजन या हाइड्रोजन के जुड़ने या हटने के संदर्भ में सीखा है। निम्नलिखित अभिक्रियाओं पर ध्यान दें और इनमें से रासायनिक स्पीशिज को उनके आक्सीकरण एवं अपचयन के आधार पर वर्गीकृत करें।

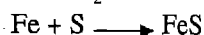
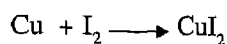
$4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$ (1)

$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$ (2)

$MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2H_2O + 2Cl_2$ (3)

$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$ (4)

आप देखेंगे कि स्पीशीज $Na, H_2,$ HCl एवं Mg का आक्सीकरण हुआ है एवं स्पीशीज $O_2$, CuO एवं $MnO_2$ का अपचयन हुआ है। अब आप निम्नलिखित अभिक्रियाओं पर विचार करें :

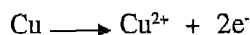
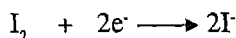
$Cu + I_2 \longrightarrow CuI_2$

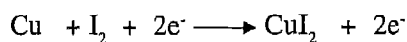
$Fe + S \longrightarrow FeS$

इन अभिक्रियाओं में ऑक्सीजन या हाइड्रोजन का जुड़ना या हटना शामिल नहीं है फिर भी ये ऑक्सीकरण–अपचयन अभिक्रियाएँ हैं। इनमें स्पीशिज को आक्सीजन और हाइड्रोजन के ग्रहण या हानि के आधार पर वर्गीकृत नहीं किया जा सकता। इन अभिक्रियाओं को समझने के लिए इलेक्ट्रॉन के जुड़ने या निकलने के संदर्भ में ऑक्सीकरण और अपचयन होने की एक नई संकल्पना की आवश्यकता है। आइए, अभिक्रिया $Cu + I_2 \longrightarrow CuI_2$ के बारे में विचार करें। इस अभिक्रिया को दो पदों में लिखा जा सकता है।

**पद-**(a)

$$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$$

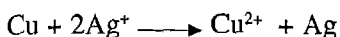
**पद-**(b)

$$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$$

इन दोनों पदों को जोड़ने पर हमें निम्न समीकरण प्राप्त होता है :

$$Cu + I_2 + 2e^- \longrightarrow CuI_2 + 2e^-$$

पद (a) में, कॉपर परमाणु दो इलेक्ट्रॉन खोकर ($Cu^{2+}$) आयन बनाता है। पद (b) में आयोडीन अणु दो इलेक्ट्रॉन प्राप्त कर आयोडाइड ($2I^-$) आयन में बदल जाता है। ***अभिक्रिया (a) जिसमें रासायनिक स्पीशीज़ (Cu) ने इलेक्ट्रॉन दिए, को ऑक्सीकरण अभिक्रिया कहते हैं तथा अभिक्रिया जिसमें (b) रासायनिक स्पीशीज़ ($I_2$) ने इलेक्ट्रॉन लिए, को अपचयन अभिक्रिया कहते हैं।*** रसायन विज्ञान की भाषा में हम कहते हैं कि आयोडीन कॉपर को कॉपर आयन में ऑक्सीकृत करता है तथा स्वयं आयोडाइड आयन में अपचयित हो जाता है। जो पदार्थ दूसरे पदार्थ को ऑक्सीकृत करता है उसे **ऑक्सीकारक** (oxidising agent) कहते हैं। ऑक्सीकारक अभिक्रिया में स्वयं अपचयित होता है। इसी प्रकार जो पदार्थ दूसरे पदार्थ को अपचयित करता है। उसे **अपचायक** (reducing agent) कहते हैं। अपचायक अभिक्रिया में स्वयं ऑक्सीकृत होता है। कॉपर अपचायक (reducing agent) तथा आयोडीन ऑक्सीकारक के रूप में व्यवहार करते हैं।

कॉपर की आयोडीन से अभिक्रिया में आपने देखा कि एक रासायनिक स्पीशीज़ ऑक्सीकृत तथा दूसरी अपचयित हुई। वास्तव में अभिक्रियाएँ जिनमें ऑक्सीकरण या अपचयन दोनों प्रक्रम साथ-साथ होते हैं इन अभिक्रियाओं को **अपोपचय** (redox) अभिक्रियाएँ कहते हैं।

आइए, अब सिल्वर नाइट्रेट विलयन में से सिल्वर को कॉपर द्वारा विस्थापित करने की अभिक्रिया पर विचार करें।

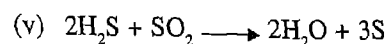
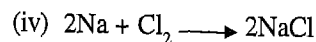
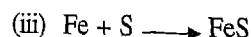
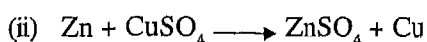
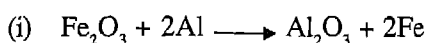
$$Cu + 2Ag^{+} \longrightarrow Cu^{2+} + Ag$$

कॉपर सिल्वर आयन को सिल्वर धातु में अपचयित करता है तथा स्वयं कॉपर आयन में ऑक्सीकृत हो जाता है। इस अभिक्रिया में भी आपने देखा कि ऑक्सीकरण और अपचयन दोनों अभिक्रियाएँ साथ-साथ हुईं। अपोपचय अभिक्रियाओं के कुछ उदाहरण नीचे दिए गए हैं :

(i) $Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

(ii) $Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$

(iii) $Fe + S \longrightarrow FeS$

(iv) $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

(v) $2H_2S + SO_2 \longrightarrow 2H_2O + 3S$

**प्रश्न**

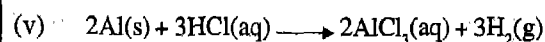
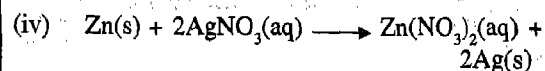
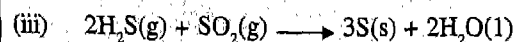
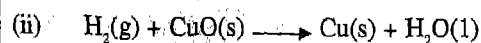
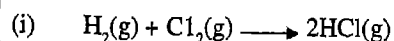
1. निम्नलिखित अभिक्रियाओं में पहचान करें कि किस पदार्थ का ऑक्सीकरण और किस पदार्थ का अपचयन होता है। पदार्थ के ऑक्सीकरण और अपचयन की आयनिक अभिक्रियाएँ लिखिए :

(i) $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$

(ii) $H_2(g) + CuO(s) \longrightarrow Cu(s) + H_2O(l)$

(iii) $2H_2S(g) + SO_2(g) \longrightarrow 3S(s) + 2H_2O(l)$

(iv) $Zn(s) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$

(v) $2Al(s) + 3HCl(aq) \longrightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$

## आपने क्या सीखा

- किसी यौगिक का रासायनिक सूत्र उसमें उपस्थित तत्वों तथा संघटित तत्वों के परमाणुओं की संख्या को प्रदर्शित करता है।
- आण्विक यौगिकों में संयोजित क्षमता जो प्रत्येक संघटित तत्वों की संयोजकता होती है, यौगिक के रासायनिक सूत्र को निर्धारित करती है।
- आयनिक यौगिकों में प्रत्येक आयन का आवेश यौगिक के रासायनिक सूत्र को निर्धारित करने में प्रयुक्त होता है।
- पूर्ण रासायनिक समीकरण, अभिकर्मकों, उत्पादों, उनकी भौतिक अवस्थाओं और अभिक्रियाओं की परिस्थितियों को सांकेतिक रूप में दर्शाती है। समीकरण को द्रव्यमान (परमाणुओं की संख्या) और आवेशों के संदर्भ में संतुलित करते हैं।
- सरल अभिक्रियाओं को संयोजन, अपघटन, विस्थापन और द्विविस्थापन अभिक्रियाओं में वर्गीकृत किया जाता है।
- अभिक्रियाएँ इलेक्ट्रॉन के ग्रहण तथा हानि के आधार पर भी वर्गीकृत की जा सकती हैं अर्थात् अपचयन और ऑक्सीकरण प्रक्रम के संदर्भ में इन्हें अपोपचय अभिक्रियाएँ कहते हैं।

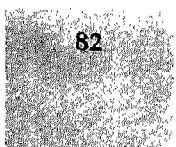
● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. किसी यौगिक का रासायनिक सूत्र क्या प्रदर्शित करता है ?
2. निम्नलिखित का रासायनिक नाम और सूत्र लिखिए।
   (अ) कैल्सियम फ्लुओराइड (ब) आयरन(II) ब्रोमाइड
   (स) सिल्वर ऑक्साइड (द) कॉपर(II) सल्फाइड

3. संतुलित रासायनिक समीकरण क्या होती है ? रासायनिक समीकरण संतुलित क्यों करते हैं ?
4. निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रियाओं के संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए :
   (i) सल्फ्यूरिक अम्ल और सोडियम हाइड्रॉक्साइड के जलीय विलयन परस्पर अभिक्रिया करके सोडियम सल्फेट और जल बनाते हैं।
   (ii) फॉस्फ़ोरस क्लोरीन गैस में जलकर फॉस्फोरस पेंटाक्लोराइड, निर्मित करता है।
5. रासायनिक समीकरण द्वारा हमें क्या सूचनाएँ प्राप्त होती हैं सोदाहरण वर्णन कीजिए।
6. निम्नलिखित समीकरणों को संतुलित कीजिए :
   (i) $H_2S(g) + SO_2(g) \longrightarrow S(s) + H_2O(1)$
   (ii) $BaCl_2(aq) + Al_2(SO_4)_3(aq) \longrightarrow AlCl_3(aq) + BaSO_4 (\downarrow)$
   (iii) $Pb(NO_3)_2(aq) + Fe_2(SO_4)_3(aq) \longrightarrow Fe(NO_3)_3(aq) + PbSO_4 (\downarrow)$
7. निम्नलिखित अभिक्रियाओं को संयोजन, अपघटन, विस्थापन तथा द्वि–विस्थापन के रूप में वर्गीकृत कीजिए :
   (i) $2KNO_3(s) \longrightarrow 2KNO_2(s) + O_2(g)$
   (ii) $Zn(s) + 2AgNO_3(aq) \longrightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$
   (iii) $Ni(NO_3)_2(aq) + 2NaOH (aq) \longrightarrow Ni(OH)_2 (\downarrow) +2NaNO_3(aq)$
   (iv) $Zn(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$
   (v) $2CuO(s) \longrightarrow 2Cu(s) + O_2(g)$
   (vi) $Cl_2(g) + 2NaBr(aq) \longrightarrow Br_2 + 2NaCl(aq)$
   (vii) $MgO(s) + C(s) \longrightarrow CO(g) + Mg(s)$
   (viii) $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$
8. संयोजन और अपघटन अभिक्रियाओं में क्या संबंध है ? प्रत्येक अभिक्रिया का एक-एक उदाहरण दीजिए।
9. विस्थापन और द्विविस्थापन अभिक्रियाओं में क्या अंतर है ? इन अभिक्रियाओं के एक-एक समीकरण लिखिए।
10. निम्नलिखित का इलेक्ट्रॉन स्थानांतरण के संदर्भ में वर्णन कीजिए :
    (i) ऑक्सीकरण (ii) अपचयन
11. अपोपचय अभिक्रियाओं में ऑक्सीकरण और ऑक्सीकारक में क्या संबंध है ? उपरोक्त संबंध को दर्शाते हुए एक-एक उदाहरण लिखिए।
12. निम्न अभिक्रियाओं में ऑक्सीकृत एवं अपचयित, पदार्थों के नाम दीजिए तथा ऑक्सीकारक एवं अपचायक के नाम भी दीजिए :
    (i) $Ca + Cl_2 \longrightarrow CaCl_2$
    (ii) $3MnO_2 + 4Al \longrightarrow 3Mn + 2Al_2O_3$
    (iii) $Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2$
    (iv) $Fe + S \longrightarrow FeS$
13. क्या विस्थापन अभिक्रियाएँ अपोपचय अभिक्रियाएँ हो सकती हैं ? उदाहरण सहित वर्णन कीजिए।
14. अपोपचय अभिक्रियाएँ क्या होती हैं ? एक उदाहरण के साथ वर्णन कीजिए।
15. दैनिक जीवन की परिस्थितियों में होने वाली अपोपचय अभिक्रियाओं के दो उदाहरण दीजिए।

# गति
# (Motion)

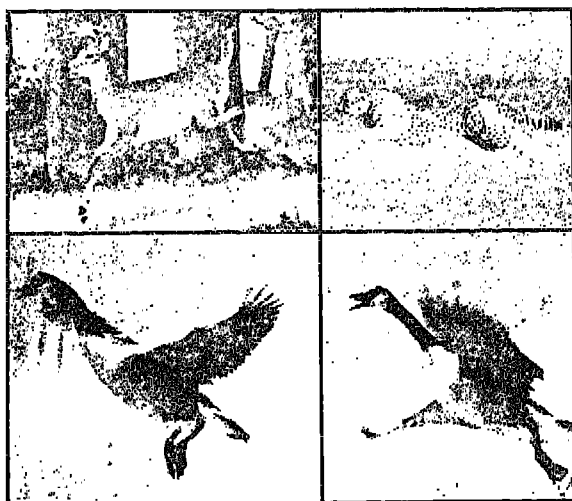
अध्याय

हम सभी के लिए गति एक सुपरिचित घटना है। अपने चारों ओर हम जिन वस्तुओं को देखते हैं, वे प्रायः सभी किसी न किसी प्रकार की गति में होती हैं। कभी-कभी हमें वस्तुओं की गति की अनुभूति आसानी से हो जाती है, जैसे सड़क पर चलते हुए वाहन तथा दैनिक कार्यों में हमारी अपनी गति। कई बार हमें वस्तुओं की गति की अनुभूति प्रत्यक्ष रूप से नहीं हो पाती, किंतु, अप्रत्यक्ष प्रमाणों से हमें उनकी गति का आभास हो जाता है। उदाहरण के लिए, वायु की गति का आभास हमें धूल व पत्तियों के उड़ने तथा पेड़ों की टहनियों के हिलने से होता है। इसी प्रकार, हमें पृथ्वी की गति की अनुभूति भी नहीं होती। तथापि, प्रकृति में होने वाली कोई भी घटना गति से किसी न किसी रूप से संबद्ध होती है।

आप जानते हैं कि एक ही वस्तु किसी व्यक्ति को गति करती हुई व दूसरे व्यक्ति को विरामावस्था में प्रतीत हो सकती है। उदाहरण के लिए, चलती हुई बस या ट्रेन में बैठे हुए यात्रियों को सड़क या पटरी के किनारे खड़े लोग, पेड़, भवन पीछे की ओर गति करते हुए प्रतीत होते हैं, जबकि सड़क के किनारे खड़े लोग देखते हैं कि बस या ट्रेन व उनके यात्री आगे की ओर गति कर रहे हैं। साथ ही चलती हुई बस या ट्रेन के प्रत्येक यात्री को लगता है कि उसके साथी यात्री गति में नहीं हैं, क्योंकि उनके बीच की दूरी में परिवर्तन नहीं हो रहा है। इन प्रेक्षणों से प्रकट होता है कि गति **सापेक्षिक** होती है।

गति कई प्रकार की हो सकती है। उदाहरणार्थ, कोई वस्तु रैखिक या वक्र पथ पर गति कर सकती है, किसी वस्तु की गति उसके घूर्णन या कंपन के कारण हो सकती है अथवा यह एक से अधिक प्रकार की गतियों का संयोजन हो सकती है।

इस अध्याय में हम गति के सबसे सरल रूप अर्थात् सरल रेखीय गति का अध्ययन करेंगे। हम इस प्रकार की गति को समीकरणों तथा सरल ग्राफ द्वारा व्यक्त करना भी सीखेंगे। तथापि, यहाँ हम गति के कारणों पर विचार नहीं करेंगे। इसका अध्ययन हम अध्याय 8 में करेंगे।

## 7.1 सजीव तथा निर्जीव वस्तुओं की गति

आपने देखा होगा कि सभी सजीव वस्तुएँ चाहे वे पौधे हों या जंतु, किसी न किसी प्रकार की गति करती हैं। पौधों की तुलना में जंतुओं की गति का प्रेक्षण करना बहुत आसान होता है। हाथी, गाय, हिरन या घोड़ों जैसे कई जंतु अपनी टाँगों पर चलते हैं। इस प्रकार के जंतु एक स्थान से दूसरे स्थान को गति करते हैं और यह गति मंद या तीव्र हो सकती है। वे एक स्थान पर खड़े रहकर भी अपने शरीर के एक या अधिक अंगों, जैसे पूँछ, कान या सिर को हिला सकते हैं। साँप, छिपकली या कैटरपिलर (या इल्ली) की भाँति के जीव, किसी सतह पर रेंगकर एक स्थान से दूसरे स्थान को गति करते हैं। किंतु ये जीव घोड़े या बिल्ली की भाँति कूद नहीं सकते। पक्षी आसानी से उड़ सकते हैं, जबकि मछलियाँ पानी में तैर सकती हैं। तथापि, पक्षियों का उड़ना, मक्खियों, तितलियों या मच्छरों के वायु में गति करने के ढंग से बहुत भिन्न लगता है।

*चित्र 7.1 : कुछ जंतुओं की गति।*

हम स्वयं चल सकते हैं, दौड़ सकते हैं या कूद सकते हैं अथवा एक ही स्थान पर खड़े रहकर अपने शरीर के अंगों को हिला सकते हैं। अपने जीवन-यापन के लिए विभिन्न प्रकार के जंतु भिन्न-भिन्न प्रकार से गति करते

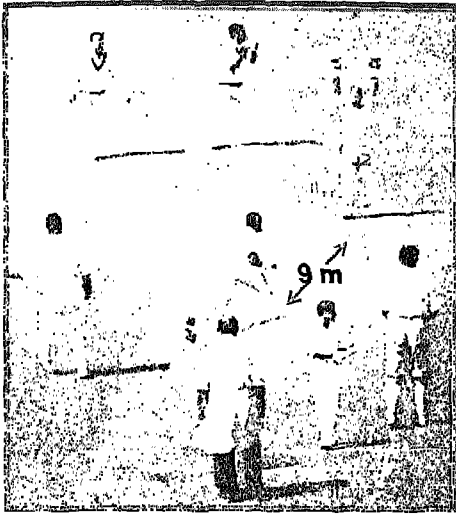
हैं। यदि अपने आस-पास देखें तो आपको इसके कई उदाहरण मिलेंगे। आप देखेंगे कि जंतु जगत के सदस्यों द्वारा गति करने के ढंग में बहुत-सी समानताएँ व बहुत-सी असमानताएँ हैं। जंतुओं की गति को **चलन** या **गमन** (locomotion) कहते हैं। जब आप जैव प्रक्रिया का अध्ययन करेंगे तब आप चलन के विषय में पढ़ेंगे।

पौधों में गति इतनी स्पष्ट नहीं होती जितनी कि जंतुओं में। इसका कारण यह है कि पौधों में गति केवल उनके कुछ भागों तक ही सीमित रहती है और यह भी इतनी मंद होती है कि इसका सरलता से प्रेक्षण नहीं किया जा सकता। हम जानते हैं कि पौधे समय के साथ-साथ आकार में बढ़ते जाते हैं। इस प्रक्रम में सामान्यतः जड़ें भूमि के भीतर व तना ऊपर की ओर गति करते हैं। लताओं के प्रतान (tentacles) किसी सहारे को पकड़कर आगे बढ़ने के लिए, अपेक्षाकृत अधिक तीव्र दर से बढ़ते हैं। वृद्धि की प्रक्रिया में बहुत से पौधों में शाखाएँ निकलती रहती हैं। जबकि प्रायः उनमें जीवन भर नई पत्तियाँ निकलती रहती हैं और आकार में बढ़ती रहती हैं। फूलों के खिलने और फलों की वृद्धि में भी एक प्रकार की गति संबद्ध है।

पौधों व जंतुओं में गति स्वतः प्रवर्तित लगती है, अर्थात् ऐसा प्रतीत होता है कि वे स्वयं ही गति करते हैं। इसके विपरीत निर्जीव वस्तुओं को गति में लाने के लिए किसी बाहरी कारक की आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिए, किसी बॉल (गेंद) को गति में लाने के लिए हमें उसे धकेलना पड़ता है। इसी प्रकार, पंखे को चलाने के लिए विद्युत ऊर्जा तथा मोटर-वाहनों को चलाने के लिए पेट्रोल या डीज़ल की आवश्यकता होती है। जहाँ तक उनकी गति का प्रश्न है, सजीवों व निर्जीवों में यही एक मुख्य अंतर है। तथापि, यदि हम गति के कारण पर विचार न करें, तो सजीवों व निर्जीवों की गति का अध्ययन एक साथ किया जा सकता है। इस अध्याय में हम केवल निर्जीवों की गति के अध्ययन तक ही सीमित रहेंगे। यह इसलिए कि सजीवों की तुलना में निर्जीवों की गति को समझना अधिक आसान है।

## 7.2 दूरी तथा विस्थापन

अपने दैनिक जीवन की बातचीत में विभिन्न स्थानों की अवस्थिति (या स्थिति) का वर्णन हम किसी ज्ञात स्थान के संदर्भ में करते हैं। उदाहरण के लिए, हम प्रायः कहते हैं कि मेरा घर पोस्ट ऑफिस के पास है या मेरा विद्यालय रेलवे स्टेशन से 2 km दूर है या आगरा दिल्ली से 200 km की दूरी पर है। ऐसा कहते हुए, हम वास्तव में अपने घर, विद्यालय या आगरा की स्थिति का वर्णन अन्य स्थानों के संदर्भ में करते हैं। ध्यान दीजिए कि इन उदाहरणों में सभी स्थलों यथा पोस्ट ऑफिस, रेलवे स्टेशन, घर, दिल्ली व आगरा की स्थिति निश्चित है। किंतु, कई स्थितियों में ऐसा नहीं भी हो सकता। उदाहरण के लिए, बस में यात्रा करते हुए हम यह कह सकते हैं कि हम उस बस स्टेशन से 10 km दूर चले आए हैं, जहाँ से हमने अपनी यात्रा प्रारंभ की थी। अपनी स्थिति हम यह कहकर भी बता सकते हैं कि हम अगले बस स्टेशन से 25 km दूर हैं। ध्यान दीजिए कि अपनी बस की स्थिति निर्दिष्ट करने (specify) के लिए हमें किसी स्थान या बिंदु की आवश्यकता होगी। इस बिंदु को सामान्यतः हम निर्देश-बिंदु या मूल-बिंदु कहते हैं। हम अपनी सुविधानुसार किसी भी बिंदु को निर्देश-बिंदु मान सकते हैं। उपरोक्त उदाहरण में, हम पहले या दूसरे स्टेशन या किसी अन्य बिंदु या स्थान को निर्देश-बिंदु मान सकते हैं।

आइए, हम क्रिकेट के खेल में रन बनाने के लिए दौड़ते हुए बल्लेबाज की गति पर विचार करें। मान लीजिए कि वह एक रन पूरा करने के पश्चात् दूसरा रन लेने के लिए वापस दौड़ता है, किन्तु पिच की आधी दूरी तय करते ही रन आउट हो जाता है (चित्र 7.2)। यदि यह पूछा जाए कि रन आउट होने से पहले बल्लेबाज ने कितनी दूरी तय की, तो आपका उत्तर होगा – पिच की लंबाई का डेढ़ गुना। पिच की लंबाई लगभग 18 m होती है। अतः हम कह सकते हैं कि बल्लेबाज ने पहला रन पूरा करने में 18 m की दूरी तय की व अधूरे रन के लिए 9 m की दूरी तय की। दूसरी ओर, यदि हम आपसे रन आउट होते समय बल्लेबाज की स्थिति बताने को कहें, तो आपका उत्तर होगा कि वह बैटिंग क्रीज या मूल-बिन्दु से 9 m दूरी पर था। हम यह भी कह सकते हैं कि रन आउट होते समय बल्लेबाज 'बॉलर के छोर (bowler's) की ओर 9 m दूरी' पर था।

*चित्र 7.2 : रन आउट होता हुआ बल्लेबाज*

इस प्रकार बल्लेबाज द्वारा तय की गई दूरी किसी दिए क्षण पर उसकी स्थिति का ठीक-ठीक निर्धारण करने के लिए पर्याप्त नहीं है। अर्थात् केवल किसी वस्तु द्वारा तय की गई दूरी ही ज्ञात हो तो उसकी स्थिति निश्चित रूप से ज्ञात नहीं की जा सकती। यह प्रायः अन्य गतिशील वस्तुओं के लिए भी सत्य हो सकता है। अतः किसी क्षण किसी वस्तु (इस उदाहरण में बल्लेबाज) द्वारा तय की गई कुल दूरी व उसकी ठीक स्थिति ज्ञात करने के लिए, हमें कोई अन्य विधि विकसित करनी होगी। ध्यान दीजिए कि वस्तु की प्रारंभिक व अंतिम स्थिति के बीच की दूरी हमें उसकी अवस्थिति ज्ञात करने में सहायक हो सकती है। वस्तु की प्रारंभिक व अंतिम स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी को वस्तु का **विस्थापन** कहते हैं। दूसरी ओर, वस्तु द्वारा अपनी प्रारंभिक स्थिति से अंतिम स्थिति तक पहुँचने में तय की गई कुल दूरी को **दूरी** कहते हैं।

इस प्रकार किसी निश्चित समय पर, किसी वस्तु की प्रारंभिक स्थिति के सापेक्ष, उसकी अंतिम स्थिति को निर्धारित करने, व उसके द्वारा तय की गई कुल दूरी को व्यक्त करने के लिए दो भिन्न-भिन्न भौतिक राशियों का उपयोग किया जाता है। ऊपर के उदाहरण में बल्लेबाज द्वारा तय की गई दूरी 27 m है, जबकि उसका विस्थापन पिच के बॉलर छोर की ओर 9 m है। इसी प्रकार, यदि आप अपने घर से विद्यालय आते हैं, और विद्यालय का समय समाप्त होने पर वापस घर लौट आते हैं, तो आपने कुछ दूरी अवश्य तय की है, किंतु आपके घर के सापेक्ष आपका विस्थापन शून्य है।

ध्यान दीजिए कि बल्लेबाज के विस्थापन का उल्लेख करते हुए हम उस दिशा को भी निर्दिष्ट करते हैं, जिस दिशा में दूरी को मापना है। दूरी व विस्थापन में यथार्थतः यही अंतर है। दूरी व विस्थापन दोनों लंबाई की माप से संबद्ध हैं। अतः इनको लंबाई के मात्रकों में व्यक्त किया जाता है अर्थात् दोनों का SI मात्रक मीटर है।

किसी वस्तु द्वारा तय की गई दूरी और इसके विस्थापन का परिमाण, बराबर हो भी सकता है और नहीं भी। उपरोक्त बल्लेबाज के उदाहरण में, यदि वह केवल एक रन पूरा करे तो उसके द्वारा तय की गई दूरी व उसका विस्थापन समान है। इस स्थिति में उसका विस्थापन होगा 'बॉलर के छोर की ओर 18 m' तथा उसके द्वारा तय की गई दूरी होगी 18 m। यदि विस्थापन की माप को उसकी दिशा को छोड़कर व्यक्त किया जाए तो इसे विस्थापन का परिमाण कहा जाता है। इस प्रकार, इस उदाहरण में विस्थापन 'बॉलर ओर 18 m' का परिमाण 18 m है। इसी प्रकार, सीधे पथ पर 100 m की दौड़ में, धावकों द्वारा प्रारंभ से अंत तक तय की गई दूरी व उनके विस्थापन का परिमाण बराबर होगा अर्थात् दोनों ही 100 m होंगे।

विज्ञान के अध्ययन में हम बहुत सी ऐसी भौतिक राशियों से परिचित होंगे जिनके लिए परिमाण व दिशा का ज्ञान होना आवश्यक है। इस प्रकार की राशियों को सदिश राशियाँ या केवल **सदिश** कहा जाता है। दूसरी ओर वह राशियाँ जिन्हें केवल उनके परिमाण से ही व्यक्त किया जा सकता है, अदिश राशियाँ या केवल **अदिश** कहलाती हैं। यहाँ हम केवल सरल रेखीय गति पर ही विचार करेंगे, अतः हम इनमें सदिश या अदिश का कोई भेद नहीं करेंगे।

## 7.3 एकसमान व असमान गति

यदि किसी वस्तु की स्थिति समय के साथ-साथ परिवर्तित होती रहे तो कहा जाता है कि वह वस्तु गति में है। यदि हम इस प्रकार की गति को व्यक्त करना चाहें तो हमें ज्ञात होना चाहिए कि उसकी स्थिति में परिवर्तन कितना तीव्र या मंद हो रहा है। हम उस स्थिति में होने चाहिए कि हम यह जान सकें कि पूर्वकाल में किसी क्षण

वस्तु कहाँ पर थी और भविष्य में किसी समय वह कहाँ पर होगी। उदाहरण के लिए, नियंत्रण कक्ष में बैठे अधिकारी को यह अवश्य ज्ञात होना चाहिए कि रेलगाड़ियाँ किस वेग से चल रही हैं और किसी दिए गए क्षण पर कौन-सी गाड़ी कहाँ पर होगी।

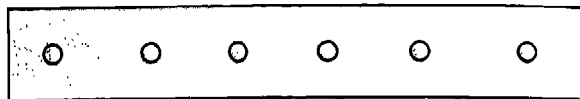
किसी वस्तु की गति का पूरा विवरण देने के लिए हमें ऐसे साधन चाहिए जिनसे हम उसकी स्थिति और उसके द्‌वारा भिन्न-भिन्न क्षणों में तय की गई दूरी ज्ञात कर सकें। तथापि, प्रायः ऐसा कर पाना आसान नहीं होता। उदाहरण के लिए, क्रिकेट के खेल में कोई खिलाड़ी रन आउट है या नहीं, इसका निर्णय करने के लिए अंपायर को निश्चित रूप से पता होना चाहिए कि जब गेंद स्टंपों पर लगी, ठीक उसी क्षण बल्लेबाज कहाँ पर था। इसी प्रकार, किसी स्टेशन पर रेलगाड़ियों के संचालन को मानीटर करने के लिए भिन्न-भिन्न गाड़ियों की स्थिति का ज्ञात होना अनिवार्य है। क्रियाकलाप 7.1 में किसी निश्चित समय अंतराल के पश्चात् किसी वस्तु द्‌वारा तय की गई दूरी ज्ञात करने की एक सरल व्यवस्था का सुझाव दिया गया है।

### क्रियाकलाप 7.1

प्लास्टिक का एक बैग (थैला) लीजिए। इसकी तली में पिन से एक छेद कीजिए और इसमें पानी भरिए। इसको अपने हाथ में पकड़िए और उस छेद में से टपकते हुए पानी को ध्यान से देखिए।

पानी इस छेद से बूँद-बूँद के कर गिरना चाहिए। इसके लिए आपको बैग में पानी की मात्रा या छेद के आकार को घटाना-बढ़ाना पड़ सकता है। इस बैग को हाथ में लेकर कंक्रीट के फर्श पर जितना तेज आप चल सकते हैं चलिए। यह सुनिश्चित कीजिए कि चलते समय आपका वह हाथ जिसमें बैग पकड़े हैं, हिले नहीं। गिरती हुई पानी की बूँदें फर्श पर अपना निशान बनाएँगी।

दो लगातार बूँदों के गिरने के बीच के समय अंतराल को लगभग बराबर माना जा सकता है। अतः पानी की दो बूँदों के लगातार निशानों के बीच की दूरी, आपके द्‌वारा लगभग बराबर समय में तय की गई दूरी बताएगी।

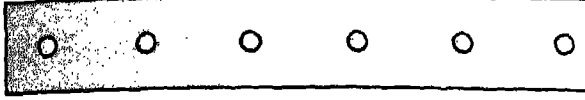
उपरोक्त क्रियाकलाप में प्राप्त पानी की बूँदों के प्रतिरूप (पैटर्न) से निश्चित समय-अंतराल में चली गई दूरी ज्ञात की जा सकती है। इस प्रतिरूप के दो लगातार निशानों के बीच की दूरी मापिए और अपने प्रेक्षणों को लिख लीजिए। इसी प्रकार के क्रियाकलाप में प्राप्त एक प्रतिरूप चित्र 7.3 में दिखाया गया है, इसके संगत माप सारणी 7.1 में दी गई है।

*चित्र 7.3 : विभिन्न समय अंतरालों पर पानी की बूँदों के निशानों की स्थिति।*

**सारणी 7.1 : समान समय अंतराल पर पानी की बूँदों की स्थिति व दो लगातार बूँदों के निशानों की दूरी।**

| *क्रमांक* | *प्रारम्भिक स्थिति से पानी की बूँदों के निशानों की दूरी* | *पानी की दो लगातार बूँदों के निशानों की दूरी* |
|---|---|---|
| 1 | 0 m | – |
| 2 | 1.5 m | 1.5 m |
| 3 | 2.7 m | 1.2 m |
| 4 | 3.9 m | 1.2 m |
| 5 | 5.2 m | 1.3 m |
| 6 | 6.7 m | 1.5 m |

आप इस क्रियाकलाप को दोहराकर इसी प्रकार के कुछ और प्रतिरूप प्राप्त कर सकते हैं। आप अपनी चाल घटा या बढ़ा सकते हैं अथवा आप साइकिल का उपयोग कर सकते हैं। यदि इस प्रकार प्राप्त पानी की बूँदों के निशानों के प्रतिरूप का अध्ययन करें तो आप पाएँगे कि समान समय अंतराल में तय की दूरी सदैव समान नहीं होती। इस दशा में आपकी गति असमान गति का उदाहरण है। किसी वस्तु की गति को **असमान गति** कहा जाता है यदि वह समान समय अंतरालों में बराबर दूरी तय न करे। अपने आसपास जो भी गतियाँ हम देखते हैं उनमें से अधिकांश की प्रकृति असमान होती है।

दूसरी ओर यदि कोई वस्तु समान समय अंतराल में बराबर दूरी तय करे तो इसकी गति को **एकसमान गति** कहा जाता है। चित्र 7.4 में एकसमान गति के लिए पानी की बूँदों के निशानों का पैटर्न दिखाया गया है। एकसमान गति में, समान समय अंतराल में वस्तु द्‌वारा तय की गई दूरी सदैव बराबर होनी चाहिए, भले ही यह समय अंतराल कम हो या अधिक। उदाहरण के लिए, यदि एकसमान गति करती हुई कोई वस्तु 50 s में 100 m दूरी तय करती है, तो इसको प्रत्येक 5 s में 10 m; प्रत्येक 0.5 s में 1.0 m की दूरी तय करनी चाहिए। अपने दैनिक जीवन में हमें एकसमान गति के उदाहरण मिलने दुर्लभ

हैं। इस प्रकार, गति का वर्णन करने के लिए हम इसका एकसमान गति व असमान गति में वर्गीकरण कर सकते हैं।

*चित्र 7.4 : एकसमान गति में पानी की बूँदों के निशानों का प्रतिरूप।*

**प्रश्न**

1. रवि ने अपने मित्र को बताया कि उसका घर मुख्य डाकघर से 1 km दक्षिण में है। यदि रवि का मित्र डाकघर से रवि के घर तक आए तो उसके (रवि के मित्र के) विस्थापन व उसके द्वारा तय की गई दूरी को किस प्रकार व्यक्त करेंगे। इसमें आपने निर्देश बिंदु कौन-सा लिया है ?
2. किसी लंबी दौड़ में धावकों को दौड़–पथ के 4 चक्कर लगाने हैं और दौड़ का प्रारंभ व अंत एक ही स्थान पर होना है। यदि एक चक्कर की लम्बाई 200 m हो तो :

(अ) धावकों को कुल कितनी दूरी तय करनी है ?

(ब) जब धावक दौड़ पूरी कर लेते हैं तो उनका कुल विस्थापन कितना होगा ?

(स) धावकों की गति एकसमान है या असमान ?

(द) क्या दौड़ की समाप्ति पर धावकों द्वारा तय की दूरी व उनके विस्थापन बराबर हैं ?

## 7.4 वेग

हम सभी चाल व वेग शब्दों से परिचित हैं। इनसे हमें यह पता चलता है कि वस्तु की गति कितनी मंद या तीव्र है। दैनिक जीवन की कई परिस्थितियों में हमें प्रायः यह जानने की आवश्यकता पड़ती है कि दो या अधिक वस्तुओं में से कौन-सी वस्तु अधिक तीव्रगामी है। यदि ये वस्तुएँ साथ-साथ गतिमान हों तो यह ज्ञात करना बहुत आसान होता है। जैसे, किसी समय सड़क पर एक ही दिशा में चलते हुए सभी वाहनों में सबसे तेज चल रहे वाहन की पहचान करना बहुत आसान है। किन्तु यदि दो वाहन विपरीत दिशाओं में जा रहे हों तो क्या आप पता लगा सकते हैं कि कौन-सा वाहन तेज चल रहा है ? अतः दो या अधिक वस्तुओं की गति की तुलना करने की कोई सामान्य व सुविधाजनक विधि ज्ञात करना आवश्यक है।

भिन्न-भिन्न वस्तुओं की गति की तुलना करने की एक अधिक विश्वसनीय विधि उनके द्वारा एकांक समय में तय की दूरी को व्यक्त करना है। यह एकांक समय कोई भी निश्चित समय अंतराल हो सकता है। यह क्रियाकलाप 7.1 की भाँति, दो बूँदों के गिरने के बीच का समय हो सकता है, या समय का कोई मात्रक, जैसे सेकंड (प्रतीक s), मिनट (प्रतीक m) या घंटा (प्रतीक h) हो सकता है।

किसी निश्चित दिशा में, किसी वस्तु द्वारा एकांक समय में तय की गई दूरी को उसका **वेग** कहते हैं। वेग के स्थान पर कभी-कभी चाल शब्द का उपयोग भी कर लिया जाता है, किंतु इस अध्याय में हम केवल उन वस्तुओं के वेग पर विचार करेंगे जो एक ही दिशा में गति करती हैं।

किसी वस्तु का वेग ज्ञात करने के लिए वस्तु द्वारा तय की गई दूरी को, इसमें लगे समय से भाग करते हैं। यदि दूरी को $s$ से, समय को $t$ से व वेग को $v$ से प्रकट करें तो हम लिख सकते हैं,

$$v = \frac{s}{t} \qquad (7.1)$$

वेग का मात्रक, दूरी व समय के मात्रकों पर निर्भर करता है। दूरी का SI मात्रक मीटर व समय का सेकंड है। इस प्रकार वेग का SI मात्रक, मीटर/सेकंड (m/s) है, किंतु सुविधा के लिए वेग के अन्य मात्रकों का उपयोग भी किया जाता है। यदि दूरी को सेंटीमीटर में तथा समय को सेकंड में मापा जाए तो वेग का मात्रक सेंटीमीटर प्रति सेकंड (cm/s) होगा। वेग के अन्य सामान्य मात्रक, मिलीमीटर प्रति सेकंड (mm/s) तथा किलोमीटर प्रति घंटा (km/h) भी हैं। किसी मात्रक में दिए गए वेग को किसी अन्य में परिवर्तित किया जा सकता है। आइए एक उदाहरण लें, मान लीजिए 100 मीटर की दूरी को कोई धावक 10 सेकंड में पूरा करता है तो उस धावक का वेग,

$$\text{वेग} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{कुल लिया गया समय}}$$
$$= (100\,\text{m})/(10\,\text{s})$$
$$= 10\,\text{m/s}$$

**उदाहरण 7.1**

रीता 3.2 किलोमीटर की दूरी साइकिल पर 20 मिनट में पूरी करती है। उसके वेग की किलोमीटर/मिनट, व किलोमीटर/घंटा के मात्रकों में गणना कीजिए।

**हल**

तय की गई कुल दूरी $s = 3.2\text{ km} = 3200\text{ m}$
कुल लिया गया समय $t = 20$ मिनट $= 1200$ सेकंड
$= 1/3\text{ h}$

$$v = \frac{\text{तय की गई कुल दूरी},(s)}{\text{लिया गया कुल समय},(t)}$$

$$= \frac{3.2\text{ km}}{20\text{ min}} = 0.16\text{ km / min}$$

इस वेग को अन्य मात्रकों में व्यक्त करने के लिए हमें व्यंजक $v = s/t$ में दूरी व समय के मान को वांछित मात्रकों में रखना होगा। अतः दिए गए मात्रकों में साइकिल का वेग होगा :

0.16 km/min, 160 m/min व 9.6 km/h

यदि वस्तु का वेग ज्ञात हो तो किसी दिए गए समय में उसके द्वारा तय की गई दूरी की गणना की जा सकती है। समीकरण (7.1) से, यह देखा जा सकता है कि

$$s = vt \qquad (7.2)$$

दूसरे शब्दों में, $v$ वेग से गति करती हुई वस्तु द्वारा समय $t$ में तय की गई दूरी $s$, वेग व समय के गुणनफल के बराबर होती है।

**उदाहरण 7.2**

अहमद अपनी कार 45 km/h के वेग से चला रहा है। वह कितनी दूरी तय करेगा : (a) एक मिनट में (b) एक सेकंड में ?

**हल**

कार का वेग $(v) = 45\text{ km/h}$

अर्थात् कार द्वारा 1 घंटे या 60 min में तय की गई दूरी = 45 km

अतः (a) कार द्वारा 1 min में तय की दूरी = 45 km/60 min = 0.75 km अथवा 750 m

इसी प्रकार (b) कार द्वारा तय की गई दूरी

= (45 km) / (3600)

= 0.0125 km

= 12.5 m

समीकरण (7.2) से हमें एकसमान गति से चलती हुई वस्तु द्वारा किसी समय में तय की गई दूरी ज्ञात करने की एक विधि मिल जाती है। किसी गतिमान वस्तु की किसी क्षण पर स्थिति ग्राफ से ज्ञात की जा सकती है। इसका अध्ययन हम बाद में करेंगे।

## 7.5 असमान गति तथा त्वरण

अभी तक हमने एकसमान गति व असमान गति के बीच अंतर की चर्चा की थी। वास्तविक जीवन में हमारा प्रायः असमान गतियों से वास्ता पड़ता है, जिनका अब हम कुछ विस्तार से अध्ययन करेंगे। हम इस चर्चा को आसान बनाने के लिए सरल रेखीय गति पर ही विचार करेंगे। किसी कार की गति पर विचार कीजिए जिसके इंजन की जाँच करने के लिए उसे सरल रेखीय मार्ग पर चलाया जा रहा है। मान लीजिए चालक के पास बैठा एक व्यक्ति, कार में लगे वेग-मापी (स्पीडो मीटर) की सहायता से प्रत्येक 5 सेकंड में कार का तात्क्षणिक वेग नोट करता जाता है। विभिन्न क्षणों में इस कार का वेग km/h तथा m/s में सारणी 7.2 में दिया गया है :

सारणी 7.2 : कार का नियमित समय अंतराल पर वेग।

| *क्रमांक* | *समय* s | *वेग* (km / h) | *वेग* (m/s) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 s | 0 | 0 |
| 2 | 5 s | 9 | 2.5 |
| 3 | 10 s | 18 | 5.0 |
| 4 | 15 s | 27 | 7.5 |
| 5 | 20 s | 36 | 10.0 |
| 6 | 25 s | 45 | 12.5 |
| 7 | 30 s | 54 | 15.0 |

सारणी 7.2 से देखा जा सकता है कि पहले 5 s में कार का वेग 0 से बढ़कर 2.5 m/s हो जाता है। अगले 5 s में यह 2.5 m/s और बढ़ जाता है और ठीक इसी प्रकार आगे भी बढ़ता रहता है। अतः प्रत्येक 5 s के समय अंतराल में कार के वेग में 2.5 m/s की वृद्धि होती है। दूसरे शब्दों में, कार के वेग में प्रति सेकंड परिवर्तन 0.5 m/s है। प्रति एक सेकंड में वेग परिवर्तन की दर को **त्वरण** (acceleration) कहते हैं। किसी वस्तु के त्वरण का प्रतीक '$a$' है। त्वरण का SI मात्रक मीटर/सेकंड$^2$ या m/s$^2$ है। अतः उपरोक्त उदाहरण में कार का त्वरण 0.5 m/s$^2$ है।

सामान्य रूप में, यदि किसी वस्तु का प्रारंभिक वेग $u$ हो और $t$ समय के पश्चात् उसका अन्तिम वेग $v$ हो तो वस्तु का त्वरण

$$a = \frac{v - u}{t} \quad \text{अथवा,} \quad v = u + at \qquad (7.3)$$

समीकरण (7.3) सें हमें गति विषयक चार राशियों के बीच संबंध मिलता है। यदि इनमें से हमें कोई तीन ज्ञात हों तो चौथी राशि का मान ज्ञात किया जा सकता है। वेग में यदि वृद्धि होती जा रही हो तो त्वरण को धनात्मक और यदि कमी होती जा रही हो तो ऋणात्मक माना जाता है। क्योंकि हम केवल सरल रेखीय गति पर विचार कर रहे हैं अतः त्वरण की दिशा या तो वेग की दिशा में होगी या उसके विपरीत होगी।

**उदाहरण 7.3**

सौरव विराम अवस्था से साइकिल चलाना प्रारंभ करता है और 30 सेकंड में साइकिल का वेग 6 m/s हो जाता है। फिर वह ब्रेक लगाता है जिसके पश्चात् साइकिल का वेग अगले पाँच सेकंड में घटकर 4 m/s हो जाता है। दोनों स्थितियों में साइकिल के त्वरण की गणना कीजिए।

**हल**

(a) पहली स्थिति में प्रारंभिक वेग, $u = 0$; अंतिम वेग $v = 6$ m/s; $t = 30$ s

समीकरण (7.3) से $v = u + at$ या $a = (v-u)/t$
उक्त समीकरण का मान रखने पर,

$$a = \frac{(6-0)\ \text{m/s}}{30\ \text{s}}$$
$$= 0.2\ \text{m/s}^2$$

(b) दूसरी स्थिति में $u = 6$ m/s; अंतिम वेग $v = 4$ m/s; समय $t = 5$ s

तब $$a = \frac{(4-6)\ \text{m/s}}{5\ \text{s}}$$
$$= -0.4\ \text{m/s}^2$$

ध्यान दीजिए कि पहली स्थिति में त्वरण धनात्मक व दूसरी स्थिति में ऋणात्मक है। ऋणात्मक त्वरण को कभी-कभी मंदन (retardation) भी कहा जाता है।

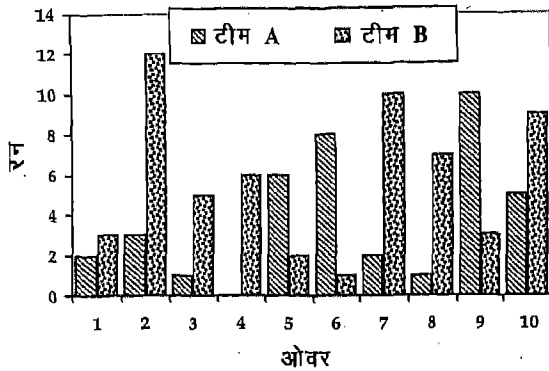
ऊपर हमने ऐसी वस्तुओं की गति की चर्चा की है, जिनका त्वरण एकसमान है। तथापि, कुछ ऐसे उदाहरण हो सकते हैं, जहाँ त्वरण एकसमान न रह पाए। उच्च कक्षाओं में आप इस प्रकार की गति के बारे में पढ़ेंगे।

**प्रश्न**

1. किसी कार का वेग 18 m/s है। इसको km/h में व्यक्त कीजिए।
2. मान लीजिए आप एक 9 m लंबे कमरे में 1.5 किलोमीटर प्रति घंटा के वेग से चल रहे हैं। इस वेग को m/s के मात्रक में लिखिए। इस कमरे के एक सिरे से दूसरे सिरे तक जाने में आपको कितना समय लगेगा ?
3. एकसमान गति से क्या तात्पर्य है ? क्या आप किसी ऐसी वस्तु का उदाहरण दे सकते हैं जिसकी गति एक समान हो ?
4. कोई विद्युत चालित रेलगाड़ी 120 km/h के वेग से चल रही है। यह 30 s में कितनी दूरी तय करेगी ?

## 7.6 ग्राफ और उनके उपयोग

गति की भाँति कई प्रकार की अन्य घटनाओं के बारे में मूल सूचनाओं को चित्र के रूप में प्रस्तुत करने की एक सुविधाजनक विधि उन्हें ग्राफ द्वारा चित्रित करना है। उदाहरण के लिए किसी एक-दिवसीय क्रिकेट मैच में किसी टीम द्वारा प्रत्येक ओवर में बनाए गए रनों को प्रायः ऊर्ध्वाधर स्तंभ अथवा बार ग्राफ से दिखाया जाता है (चित्र 7.5)।

आप इस प्रकार के स्तंभ (बार) ग्राफ से परिचित हैं जिनके बारे में आप गणित में पढ़ चुके हैं।

*चित्र 7.5 : दो टीमों द्वारा बनाए गए रनों की स्तंभ ग्राफ द्वारा तुलना।*

अब हम एक अन्य प्रकार के ग्राफ के बारे में पढ़ेंगे, जिसे रेखा ग्राफ (line graph) कहते हैं। सामान्यतः इस प्रकार के ग्राफ का उपयोग किसी भौतिक राशि के किसी अन्य भौतिक राशि पर निर्भरता को प्रदर्शित करने के लिए किया जाता है। उदाहरण के लिए, हम वेग या त्वरण जैसी किसी राशि की समय जैसी किसी अन्य राशि पर निर्भरता प्रदर्शित करने के लिए रेखा ग्राफ का उपयोग कर सकते हैं।

रेखा ग्राफ किस प्रकार खींचे जाते हैं यह सीखने के लिए हम किसी सीधे एवं समतल पथ पर गतिशील कार की गति पर विचार करेंगे। इस प्रकार से गतिशील किसी कार द्वारा प्रत्येक 12 मिनट में तय की गई दूरी सारणी 7.3 में दी गई है। यहाँ हमने यह मान लिया है कि कार सरल रेखीय दिशा में समतल पथ पर गतिशील है।

लाइन ग्राफ बनाने के लिए हम पहले दो लंबवत् सरल रेखाएँ खींचते हैं जैसा चित्र 7.6(a) में दिखाया गया है। क्षैतिज रेखा xox′ को x-अक्ष व ऊर्ध्वाधर रेखा yoy′ को y-अक्ष कहते हैं। xox′ तथा yoy′ के प्रतिच्छेद बिंदु को मूल बिंदु कहते हैं। इसे चित्र 7.6 में बिंदु o से दिखाया गया है। मान लीजिए x-अक्ष, समय को, व y-अक्ष, दूरी को प्रदर्शित करते हैं। x-अक्ष की राशियों के धनात्मक मानों को ox की ओर व y-अक्ष की राशियों के धनात्मक मानों को oy की ओर दिखाया जाता है। आपको याद होगा कि यह ठीक संख्या रेखा (नम्बर लाइन) की भाँति है, जैसा आपने गणित में पढ़ा होगा।

अब हमें ग्राफ पेपर पर इन दो राशियों को प्रदर्शित करने के लिए कोई एक उपयुक्त पैमाना (स्केल) तय करना है। पैमाना तय करते समय निम्नलिखित दो तथ्यों का सावधानी से अध्ययन करना सदैव लाभदायक होता है :

(i) प्रत्येक दी गई राशि के लिए दिए गए आंकड़ों का परास अथवा परिसर (अर्थात् उच्चतम व न्यूनतम मान का अंतर) तथा उनके तत्कालिक मान, और

(ii) उपलब्ध ग्राफ पेपर का आकार। यहाँ लिए गए उदाहरण में (सारणी 7.3) दूरी 10.10 km के अंतर से 0 km लेकर 50 km तक बदलती है, अर्थात् दूरी का परास (50 km – 0 km) = 50 km है। इसी प्रकार समय का परास (60 min – 0 min) = 60 min है और यह 12-12 मिनट के अंतर से बदल रहा है। माना हमारा ग्राफ पेपर 25 cm लंबा व 15 cm चौड़ा है।

ऊपर दिए गए दूरी व समय के मान इस ग्राफ पेपर में उचित रूप से दिखाए जा सकें, इसके लिए एक उपयुक्त पैमाना निम्न हो सकता है :

दूरी 5 km = 1 cm
समय 6 min = 1 cm

तथापि, ग्राफ बनाने के लिए कोई भी सुविधाजनक पैमाना लिया जा सकता है। एक बार पैमाना तय हो जाने पर, अगला कदम दिए गए मान (आंकड़े) को ग्राफ में दिखाना है। हम यह तय करते हैं कि किस राशि को x-अक्ष पर दिखाया जाए और किसको y-अक्ष पर। अब जिस राशि को x-अक्ष पर दिखाना है, उसके दिए गए प्रत्येक मान के संगत में x-अक्ष पर एक बिंदु लगाते हैं। इसी प्रकार

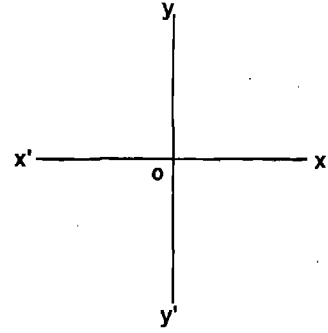
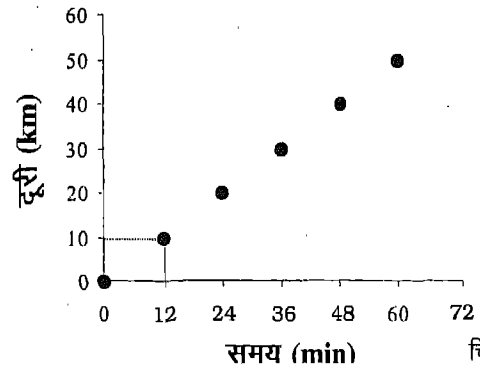
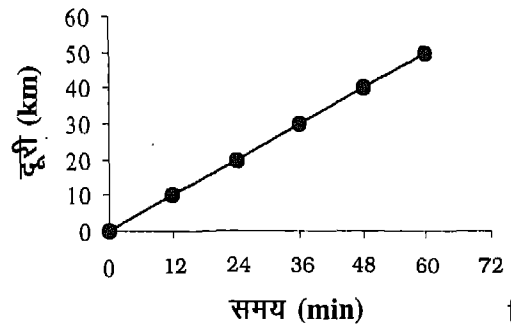
सारणी 7.3 : कार द्वारा नियमित समय अंतराल में तय की गई दूरी।

| *समय (मिनट)* | 0 min | 12 min | 24 min | 36 min | 48 min | 60 min |
|---|---|---|---|---|---|---|
| प्रारम्भिक स्थिति से तय की गई दूरी | 0 km | 10 km | 20 km | 30 km | 40 km | 50 km |

y-अक्ष पर बिंदु लगाते हैं। सारणी 7.3 में दिए गए उदाहरण में x-अक्ष पर 2-2 cm की दूरी पर बिंदु लगाएँगे जो 12 मिनट के समय अंतराल को प्रकट करेंगे। इसी प्रकार y-अक्ष पर 2-2 cm की दूरी पर बिंदु लगाएँगे जो 10 km की दूरी के संगत होंगे।

अब हमें दो राशियों के मानों के प्रत्येक सैट को ग्राफ में प्रदर्शित करने के लिए संगत बिंदु प्राप्त करने हैं। उदाहरण के लिए, सारणी 7.3 में, समय 12 मिनट में तय की गई दूरी 10 km है। यह आंकड़ों का एक सैट है। इसको ग्राफ में दिखाने के लिए x-अक्ष पर वह बिंदु लेते हैं जो 12 मिनट को प्रदर्शित करता है। इस बिंदु पर x-अक्ष के लंबवत् (या y-अक्ष के समान्तर) एक सरल रेखा खींचते हैं। इसी प्रकार y-अक्ष पर वह बिंदु लेते हैं जो दूरी 10 किलोमीटर को प्रदर्शित करता है, और इस बिंदु पर y-अक्ष के लंबवत् (या x-अक्ष के समान्तर) एक सरल रेखा खींचते हैं। ये दो सरल रेखाएँ जिस बिन्दु पर एक दूसरे को काटती हैं, वह बिंदु दो राशियों के सैट को प्रदर्शित करेगा। इस उदाहरण में वह बिंदु (12 मिनट, 10 किलोमीटर) को प्रदर्शित करेगा। इसी प्रकार, दो राशियों के मान के अन्य सैटों को भी ग्राफ में प्रदर्शित किया जा सकता है [चित्र 7.6 (b)]। (अधिकतर ग्राफ में लंबवत् सरल रेखाएँ पहले से ही खिंची होती हैं। हमें केवल देखकर ही प्रतिच्छेद बिंदु पर निशान लगाना होता है।) जब दो राशियों के दिए गए मानों के सभी सैटों को ग्राफ पेपर पर बिंदुओं से प्रदर्शित कर दिया गया हो, तो इन बिंदुओं को आपस में जोड़ दिया जाता है। इन बिंदुओं को जोड़ते समय यह ध्यान रखते हैं कि जोड़ने से बना ग्राफ अटूट (Smooth) बने, भले ही वह सरल रेखा हो या वक्र। वर्तमान उदाहरण में ग्राफ एक सरल रेखा है [चित्र 7.6 (c)]। सामान्य रूप में जैसा कि आप बाद में देखेंगे ग्राफ किसी भी स्वरूप का हो सकता है। आइए, हम गति के कुछ और उदाहरण लें और उनके लिए दूरी–समय ग्राफ खींचें।

**क्रियाकलाप 7.2**

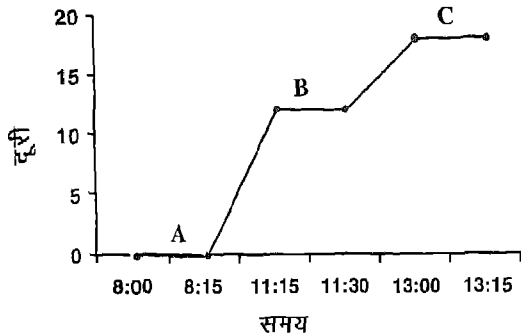
सारणी 7.4 में किसी रेलगाड़ी के तीन स्टेशनों A,

*चित्र 7.6 (a,b,c) : गति के लिए दूरी–समय का ग्राफ बनाना।*

B व C पर पहुँचने (आगमन) व वहाँ से छूटने (प्रस्थान) का समय, व इन स्टेशनों की स्टेशन A से दूरी दी गई है। इस रेलगाड़ी की गति के लिए दूरी–समय ग्राफ बनाइए। मान लीजिए कि दो स्टेशनों के बीच इसकी गति सामान्य है।

*सारणी 7.4 : स्टेशन A से स्टेशन B व C की दूरी व इन स्टेशनों पर रेलगाड़ी के आगमन व प्रस्थान का समय।*

| *स्टेशन* | *स्टेशन से दूरी* | *आगमन का समय* | *प्रस्थान का समय* |
|---|---|---|---|
| A | 0 km | 08:00 | 08:15 |
| B | 120 km | 11:15 | 11:30 |
| C | 180 km | 13:00 | 13:15 |

अपनी सुविधानुसार पैमाना (स्केल) लेकर, दूरी व आगमन समय तथा प्रस्थान समय में ग्राफ

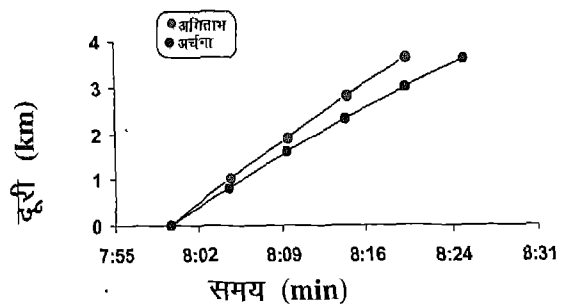
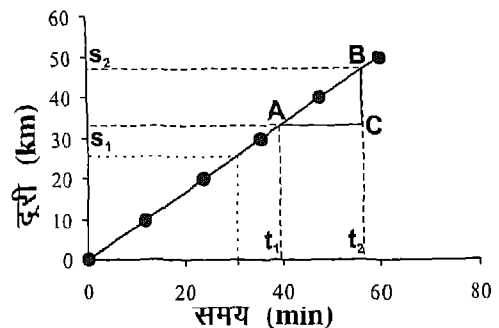
बनाइए। प्रायः किसी राशि के न्यूनतम मान को मूल बिंदु लेना सुविधाजनक होता है। अपने ग्राफ की तुलना चित्र 7.7 में दिखाए गए ग्राफ से कीजिए। आपके ग्राफ का स्वरूप चित्र 7.7 के ग्राफ के समान है या उससे भिन्न है ?

*चित्र 7.7 : रेलगाड़ी की गति के लिए दूरी–समय ग्राफ।*

### क्रियाकलाप 7.3

अमिताभ व उसकी बहन अर्चना अपनी साइकिलों पर विद्यालय जाते हैं, दोनों घर से एक साथ चलते हैं और एक ही मार्ग से होकर जाते हैं किंतु फिर भी दोनों विद्यालय पहुँचने में अलग-अलग समय लेते हैं। सारणी 7.5 में विभिन्न समय पर उनके द्वारा तय की गई दूरी दिखाई गई है। इन दोनों की गति का ग्राफ एक ही ग्राफ पेपर पर बनाइए। ग्राफ बनाने के लिए आप अपनी इच्छा से कोई भी पैमाना ले सकते हैं।

स्वयं खींचे गए दूरी-समय ग्राफ की तुलना चित्र 7.8 में दिखाए गए ग्राफ से कीजिए। आप पाएँगे कि किसी दिए गए आंकड़ों के सैट के लिए, ग्राफ की प्रकृति समान होती है, भले ही पैमाना कुछ भी लिया जाए।

### 7.6.1 ग्राफ का उपयोग

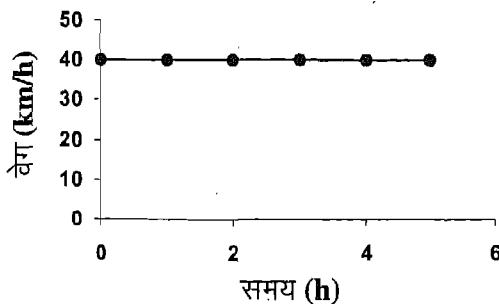
दूरी-सनय ग्राफ से हमें गति के बारे में सूचना प्राप्त होती है। उदाहरण के लिए सारणी 7.3 से हमें किसी निश्चित क्षण पर ही कार की स्थिति का पता लगता है। किंतु, चित्र 7.9 में दिखाए गए ग्राफ से हम कार की किसी मध्यवर्ती समय पर भी स्थिति ज्ञात कर सकते हैं। मान लीजिए हम जानना चाहते हैं कि कार ने 33 मिनट के पश्चात् कितनी दूरी तय की। इसके लिए पहले x-अक्ष पर उस बिंदु को ढूँढ़िए जो 33 मिनट को निरूपित करता है। इस बिंदु से ग्राफ पर अभिलंब खींचिए। यह अभिलंब ग्राफ को जिस बिंदु पर काटता है, उस बिंदु से y-अक्ष पर अभिलंब खींचिए। यह अभिलंब y-अक्ष को जिस बिंदु पर मिलता है, उस की दूरी को y-अक्ष पर पढ़ लीजिए। यही कार द्वारा 33 मिनट में चली गई दूरी है। आप पाएँगे कि कार द्वारा 33 मिनट में तय की गई दूरी 27.5 km है। इसी प्रकार चित्र 7.7 में दिखाए गए दूरी–समय ग्राफ से हम किसी भी समय पर रेलगाड़ी की अवस्थिति ज्ञात कर सकते हैं।

*चित्र 7.8 : दो साइकिल सवारों की गति का दूरी – समय ग्राफ।*

*चित्र 7.9 : किसी वस्तु द्वारा किसी दिए गए क्षण पर तय की गई दूरी उसके दूरी–समय ग्राफ से ज्ञात की जा सकती है।*

**सारणी 7.5 : अमिताभ व अर्चना द्वारा अपनी साइकिलों से भिन्न–भिन्न समयों पर तय की गई दूरियाँ।**

| *समय (पूर्वाह्न)* | *8.00 बजे* | *8.05 बजे* | *8.10 बजे* | *8.15 बजे* | *8.20 बजे* | *8.25 बजे* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| अमिताभ द्वारा तय की गई दूरी (km में) | 0 | 1.0 | 1.9 | 2.8 | 3.6 | |
| अर्चना द्वारा तय की गई दूरी (km में) | 0 | 0.8 | 1.6 | 2.3 | 3.0 | 3.6 |

किसी कार के दूरी–समय ग्राफ से हम कार के वेग की गणना भी कर सकते हैं। चित्र 7.9 में कार की गति के दूरी–समय, ग्राफ के एक छोटे से भाग AB पर विचार कीजिए। कार का वेग ज्ञात करने के लिए हम बिंदु A से x-अक्ष के समान्तर एक सरल रेखा खींचते हैं और बिन्दु B से y-अक्ष के समान्तर दूसरी सरल रेखा खींचते हैं। ये दोनों सरल रेखाएँ बिंदु C पर मिलकर एक त्रिभुज ABC बनाती हैं। अब ग्राफ पर AC समय अंतराल $(t_2-t_1)$ को प्रकट करता है, जबकि BC दूरी $(s_2-s_1)$ के संगत है। ग्राफ से यह देखा जा सकता है कि जब कार A से B तक चलती है तो वह $(t_2-t_1)$ समय में $(s_2-s_1)$ दूरी तय करती है। अतः कार का वेग,

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \qquad (7.4)$$

हम किसी वस्तु की गति को व्यक्त करने के लिए उसका वेग–समय ग्राफ भी बना सकते हैं। पहले हम स्थिर वेग से चलती हुई वस्तु अर्थात् एकसमान गति पर विचार करते हैं। मान लीजिए 40 km/h के स्थिर वेग से गतिशील किसी कार का वेग–समय ग्राफ बनाना है। इसका तात्पर्य है कि कार 1 घंटे में 40 km की दूरी तय करती है, 2 घंटे में 80 km, 3 घंटे में 120 km और इसी प्रकार आगे दूरी तय करती रहेगी (चित्र 7.10)। यह देखा जा सकता है कि इसका दूरी–समय ग्राफ सरल रेखा है और समय–अक्ष के समान्तर है। यह सभी दूरी–समय ग्राफों के लिए सत्य है, जबकि गति एकसमान हो।

*चित्र 7.10 : एकसमान गति के लिए वेग-समय ग्राफ।*

किसी वस्तु के वेग–समय ग्राफ से हम वस्तु द्वारा किसी दिए समय में तय की गई दूरी की गणना कर सकते हैं। मान लीजिए, हमें कार द्वारा $t_1$ व $t_2$ समय के बीच तय की गई दूरी ज्ञात करनी है। इसके लिए समय–अक्ष पर $t_1$ व $t_2$ संगत बिंदुओं से ग्राफ पर अभिलंब खींचते हैं (चित्र 7.11)। इन दो अभिलंबों से ग्राफ व x-अक्ष के बीच एक आयत ABCD बनता है। इस आयत में भुजा AD और BC बराबर हैं तथा $(t_2-t_1)$ के तुल्य हैं जबकि भुजा AB व CD बराबर हैं जो 40 km/ h के तुल्य हैं। हम जानते हैं कि $v$ वेग से चलती हुई वस्तु द्वारा $t$ समय में चली गई दूरी $s$ हो तो –

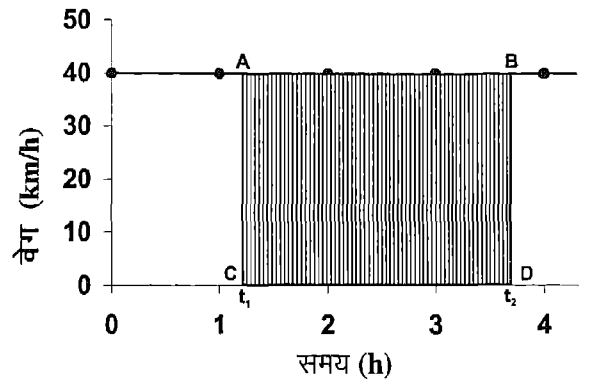
$$s = vt$$

अतः कार द्वारा $(t_2-t_1)$ समय में तय की गई दूरी

$= [(40 \text{ km/h})(t_2-t_1)\text{h}]$

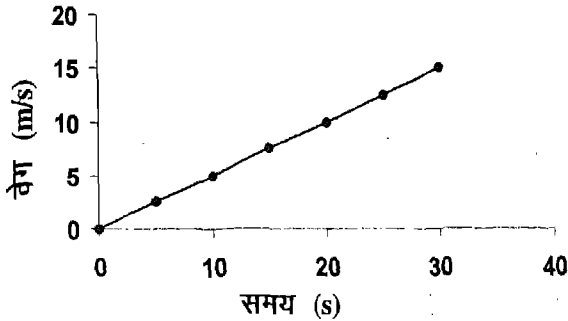
$= 40\,(t_2-t_1)$ km

= आयत ABCD का क्षेत्रफल।

अर्थात् वेग–समय ग्राफ के अंतर्गत क्षेत्रफल, कार द्वारा चली गई दूरी को प्रदर्शित करता है। यह किसी भी वेग–समय ग्राफ के लिए सत्य है, भले ही वेग एकसमान हो या असमान।

*चित्र 7.11 : किसी वस्तु द्वारा तय की गई दूरी उसके वेग–समय ग्राफ के अंतर्गत क्षेत्रफल से ज्ञात होती है।*

दूरी–समय, व वेग–समय ग्राफ से हम एकसमान त्वरित गति के बारे में भी अध्ययन कर सकते हैं। सारणी 7.2 में कार का प्रत्येक पाँच सेकंड के बाद वेग दिया गया है। इस कार के लिए वेग–समय ग्राफ चित्र 7.12 में

दिखाया गया है। सब एकसमान त्वरित गतियों के लिए यह ग्राफ सरल रेखा के रूप में होता है, जैसा चित्र 7.12 में दिखाया गया है।

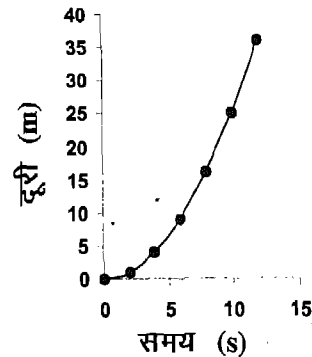
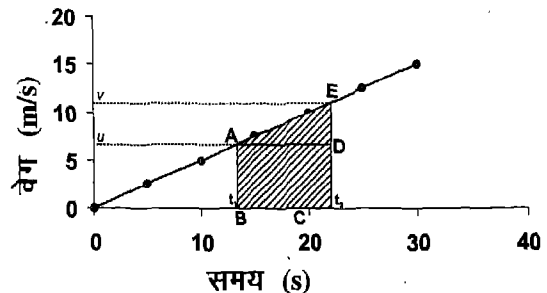
ऊपर के उदाहरण में हम कार की एकसमान त्वरित गति के लिए दूरी–समय ग्राफ भी बना सकते हैं। सारणी 7.6 में इसी कार द्वारा प्रत्येक 2 सेकंड के अंतराल में, तय की गई दूरी प्रदर्शित की गई है।

*चित्र 7.12 : एकसमान त्वरण से गतिमान किसी कार का वेग–समय ग्राफ।*

सारणी 7.6 : कार द्वारा नियमित अंतराल में तय की गई दूरी

| *क्रमांक* | *समय (सेकंड में)* | *तय की गई दूरी (मीटर में)* |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 1 |
| 3 | 4 | 4 |
| 4 | 6 | 9 |
| 5 | 8 | 16 |
| 6 | 10 | 25 |
| 7 | 12 | 36 |

इस गति के लिए दूरी–समय ग्राफ चित्र 7.13 (a) में दिखाया गया है। ध्यान दीजिए कि इस ग्राफ की आकृति चित्र 7.9 में एकसमान गति के लिए दिखाए गए दूरी–समय ग्राफ से भिन्न है। चित्र 7.13 (a) में दिखाए गए ग्राफ का वक्र **परवलय** (parabola) कहलाता है।

एक समान त्वरित गति से गतिशील किसी वस्तु के वेग–समय ग्राफ से उसके द्वारा तय की गई दूरी भी ज्ञात की जा सकती है। वेग–समय ग्राफ के अंतर्गत क्षेत्रफल से वस्तु द्वारा किसी निश्चित समय अंतराल में तय की गई दूरी ज्ञात होती है। यह उसी प्रकार है जैसा हम पहले एक समान गति के लिए देख चुके हैं।

एक समान त्वरण से गति करती हुई वस्तु के वेग–समय ग्राफ से वस्तु द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात करने के लिए सूत्र प्राप्त कर सकते हैं। चित्र 7.13 (b) में दिखाए गए वेग–समय ग्राफ पर विचार कीजिए। इस ग्राफ से देखा जा सकता है कि, वस्तु का $t_1$ समय पर वेग $u$ है और यह $t_2$ समय पर बढ़कर $v$ हो जाता है। यदि वस्तु एक समान वेग $u$ से चल रही होती, तो इसके द्वारा तय की गई दूरी, ग्राफ के अंतर्गत क्षेत्र ABCD के क्षेत्रफल से प्राप्त हो जाती (चित्र 7.11)। क्योंकि, वस्तु का वेग त्वरण के कारण बदलता जा रहा है अतः इसके द्वारा $t$ समय में तय की गई दूरी $s$ ग्राफ के अंतर्गत क्षेत्र ABCDE के क्षेत्रफल से प्राप्त होगी, जैसा कि चित्र 7.13 (b) में दिखाया गया है।

*चित्र 7.13 (a) : एक समान त्वरण से गतिमान कार का दूरी–समय ग्राफ।*

***चित्र 7.13 (b) : वेग–समय ग्राफ के अंतर्गत क्षेत्रफल से वस्तु द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात होती है।***

अर्थात् $s$ = ABCDE का क्षेत्रफल

= आयत ABCD का क्षेत्रफल + त्रिभुज ADE का क्षेत्रफल

$= (AB \times BC) + \frac{1}{2}(AD \times DE)$

$= u \times (t_2 - t_1) + \frac{1}{2}(t_2 - t_1) \times a\,(t_2 - t_1)$

$= ut + \frac{1}{2} at^2$

जहाँ $(t_2 - t_1) = t$

समीकरण (7.5) से किसी एकसमान त्वरण से गति करती हुई वस्तु द्वारा किसी दिए गए समय में तय की गई दूरी ज्ञात करने के लिए एक संबंध प्राप्त होता है।

समीकरण (7.3) से हमें ज्ञात है,

$$v = u + at$$

यह समीकरण इस प्रकार भी लिखा जा सकता है–

$$t = \frac{v - u}{t}$$

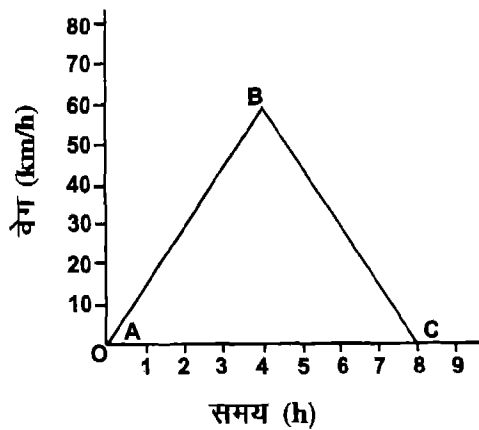
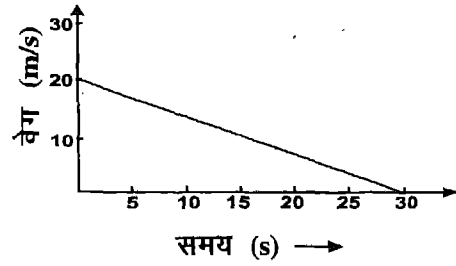
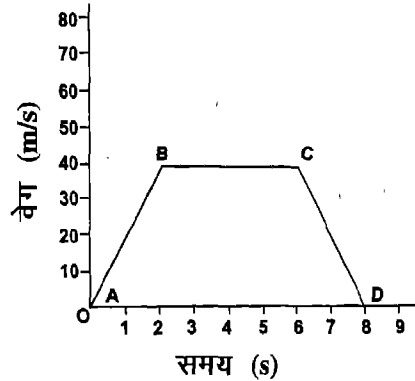
'$t$' का यह मान समीकरण (7.5) में रखने पर,

$$s = u\,(v-u)\,/\,a \;+\; a\,(v-u)^2\,/\,2a^2$$

इसको सरल करने पर, हमें प्राप्त होता है,

$$v^2 = u^2 + 2\,as \qquad (7.6)$$

समीकरण (7.3), (7.5) व (7.6) को **गति के समीकरण** कहा जाता है।

असमान त्वरित गति की स्थिति में, दूरी–समय व दूरी–वेग ग्राफ की कोई भी आकृति हो सकती है। चित्र 7.14 में विभिन्न असमान त्वरित गतियों के लिए वेग–समय ग्राफ दिखाए गए हैं। आइए, अब हम चित्र 7.14 (a) में दर्शाए गए ग्राफ द्वारा प्रदर्शित गति की व्याख्या करने का प्रयत्न करें। ग्राफ की आकृति प्रदर्शित करती है कि समय $t_0$ व $t_1$ के बीच वस्तु का वेग $v_0$ से बढ़कर $v_1$ हो जाता है तथा $t_1$ से $t_2$ के बीच वेग कम होकर $v_0$ हो जाता है। क्या अब आप चित्र 7.14 (b) तथा 7.14 (c) में प्रदर्शित ग्राफों में गति की व्याख्या कर सकते हैं ?

चित्र 7.14 (a)

चित्र 7.14 (b)

चित्र 7.14 (c)

### उदाहरण 7.4

विराम अवस्था से चलकर, कोई ट्रेन (रेलगाड़ी) 5 मिनट में 72 km/h का वेग प्राप्त कर लेती है। यदि इसका त्वरण एकसमान है तो ज्ञात कीजिए (i) ट्रेन का त्वरण, (ii) ट्रेन द्वारा इस वेग तक पहुँचने में तय की गई दूरी।

### हल

दिया है $u$=0; $v$ = 72 km/h=20 m/s; $t$ = 5 min = 300 s

हम जानते हैं कि

$a = (v-u)\,/\,t = (20-0)\,/\,300 = 1/15$ m/s²

समीकरण (7.6) से,

$$v^2 = u^2 + 2as$$
$$= 0 + 2as$$

या, $s = v^2/2a = (20 \times 20)\,/\,[2 \times (1/15)]$

$= 3000$ m या 3.0 km

### उदाहरण 7.5

एकसमान त्वरण से गतिमान कार का वेग 5 सेकंड के अंतराल में 18 km/h से 36 km/h हो जाता है। तो

गणना कीजिए (i) कार का त्वरण, (ii) इतने समय में कार द्वारा तय की गई दूरी।

**हल**

दिया है, $u = 18$ km/h = 5 m/s; $v = 36$ km/h =10 m/s; $t = 5$ s; $a = ?$ ; $s = ?$

समीकरण (7.3) से,

$v = u + at$

अतः, $10 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s} + a \times 5 \text{ s}$

या $a = 1 \text{ m/s}^2$

समीकरण (7.5) से,

$s = ut + 1/2\, at^2$

$= 5 \text{ m/s} (5 \text{ s}) + 1/2 (1 \text{ m/s}^2) (5 \text{ s})^2$

$= 25 \text{ m} + 12.5 \text{ m}$

$= 37.5 \text{ m}$

अतः कार का त्वरण 1m/s² और 5s में उसके द्वारा चली गई दूरी 37.5 m है।

**उदाहरण 7.6**

किसी कार को ब्रेक लगाने पर 6 m/s² का ऋणात्मक त्वरण उत्पन्न होता है। यदि ब्रेक लगाने के बाद कार 2 सेकंड में रुक जाती है तो इस बीच कार द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात कीजिए।

**हल**

दिया है, $a = -6 \text{ m/s}^2$; $t = 2$ s ; $v = 0$ m/s ; $s = ?$

गति के तीनों समीकरणों का परीक्षण करने से पता चलता है कि दूरी $s$ का मान निकालने के लिए $u$ ज्ञात करना आवश्यक है। इसके लिए हम समीकरण (7.3) का उपयोग करते हैं,

$v = u + at$

$0 = u + (-) 6 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ s}$

या $u = 12$ m/s

$u$ के इस मान को समीकरण (7.5) में रखने पर,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

हमें मिलता है,

$s = (12 \text{ m/s} \times 2 \text{ s}) + 1/2 (-6 \text{ m/s}^2) \times (2 \text{ s})^2$

$= 24 \text{ m} - 12 \text{ m} = 12 \text{ m}$

अतः ब्रेक लगाने के बाद रुकने से पहले कार 12 m चलेगी। क्या अब आप समझ गए हैं कि सड़क पर वाहन चलाते हुए ड्राइवरों से वाहनों के बीच में कुछ दूरी रखने को क्यों कहा जाता है ?

**प्रश्न**

1. कोई वस्तु 10 m/s के वेग से गति कर रही है, यदि उसकी गति एकसमान हो तो 10 s के पश्चात् उसका वेग क्या होगा ?
2. कोई वस्तु 2 m/s के वेग से 5 s तक चलती है। अगले 5 s में एकसमान त्वरण के कारण इसका वेग बढ़कर 10 m/s हो जाता है। इसके बाद इस वस्तु का वेग एकसमान रूप से कम होता है और वस्तु 10 s में विराम की अवस्था में आ जाती है, तो,

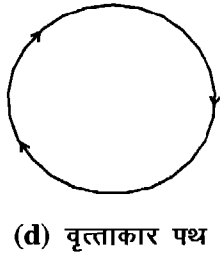
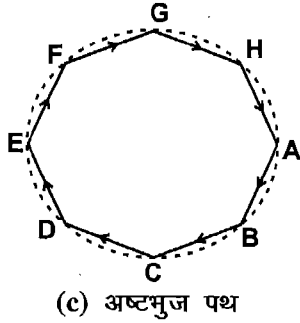
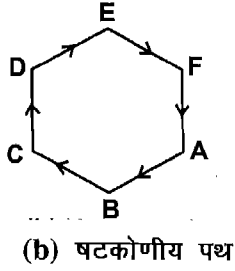
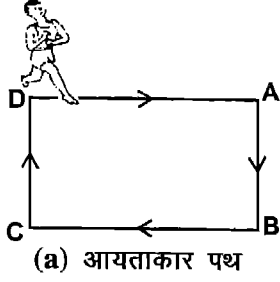
(a) इस वस्तु की गति के लिए वेग–समय तथा दूरी–समय ग्राफ खींचिए।

(b) ग्राफ में वह भाग दिखाइए जहाँ गति एकसमान है तथा जहाँ असमान है।

(c) ग्राफ से वस्तु द्वारा प्रारंभ से 2 s तथा 12 s बाद, तथा अन्तिम 10 s में तय की गई दूरी ज्ञात कीजिए।

## 7.7 एकसमान वृत्तीय गति

असमान गति को परिभाषित करते हुए हमने देखा था कि किसी वस्तु की गति असमान अथवा त्वरित तब कहलाती है, जब इसका वेग परिवर्तित हो। यह परिवर्तन, वेग के परिमाण या वेग की दिशा या दोनों में ही हो सकता है। हम सरल रेखीय असमान गति के बारे में पढ़ चुके हैं जिसमें केवल गति के परिमाण में ही परिवर्तन होता है। अब हम गति के ऐसे उदाहरण पर विचार करते हैं जिसमें त्वरण केवल गति की दिशा में परिवर्तन के कारण होता है, जबकि वेग का परिमाण स्थिर रहता है।

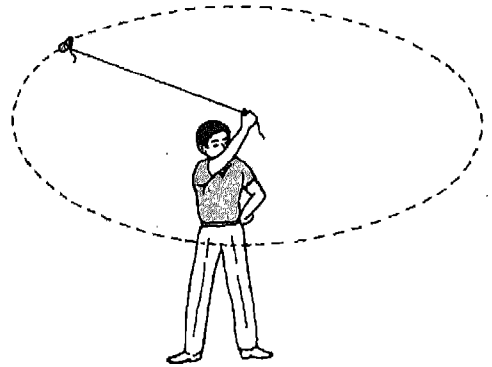
आइए, हम किसी संवृत पथ के अनुरूप गति करती

*चित्र 7.15 : विभिन्न भुजाओं वाले संवृत पथ एवं वृत्ताकार पथों पर धावक की गति।*

हुई एक वस्तु के उदाहरण पर विचार करें। आयताकार पथ ABCD पर दौड़ते हुए किसी धावक की कल्पना कीजिए [चित्र 7.15 (a)]। इस पथ पर दौड़ते रहने के लिए, उसे चार कोनों A,B,C व D पर प्रत्येक बार अपनी गति की दिशा में परिवर्तन करना पड़ता है, अर्थात् एक चक्कर पूरा करने में उसे चार बार अपनी गति की दिशा में परिवर्तन करना पड़ता है।

अब मान लीजिए कि आयताकार पथ के स्थान पर धावक किसी षट्कोणीय पथ ABCDEF पर दौड़ रहा है [चित्र 7.15 (b)]। अब इस मार्ग पर दौड़ते रहने के लिए उसे छः बार अपनी गति की दिशा में परिवर्तन करना होगा। इसी प्रकार अष्टभुज की आकृति के मार्ग, [जैसा कि चित्र 7.15 (c) में ABCDEFGH द्वारा दिखाया गया है] में दौड़ते रहने के लिए धावक को आठ बार अपनी गति की दिशा बदलनी होगी।

यदि संवृत पथ की भुजाओं की संख्या को दुगुना करते जाएँ तो एक चक्कर पूरा करने में धावक को उतनी ही बार अपनी गति की दिशा बदलनी पड़ेगी। साथ ही भुजाओं की संख्या बढ़ने पर उनकी लंबाई कम होती जाएगी (यदि पथ की लंबाई नियत है)। दौड़ का पथ क्रमशः वृत्त की आकृति ले लेगा। यदि पथ के भुजाओं की संख्या अनंत कर दी जाए तो वह एक पूर्ण वृत्त का आकार ले लेगा और भुजाओं की लंबाई कम होते-होते एक बिंदु रह जाएगी। स्पष्टतः इस वृत्ताकार पथ में गति करते हुए धावक को प्रत्येक बिंदु पर अपनी दिशा बदलनी पड़ेगी। यदि, कोई धावक वृत्ताकार पथ पर स्थिर परिमाण के वेग से चक्कर लगाए तो उसके वेग में परिवर्तन केवल उसकी गति की दिशा में परिवर्तन के कारण होगा। अतः वृत्ताकार पथ पर चक्कर लगाते हुए धावक की गति, त्वरित गति का एक उदाहरण है।

हम जानते हैं कि $r$ त्रिज्या के वृत्त की परिधि $2\pi r$ होती है। मान लीजिए धावक $r$ त्रिज्या के वृत्ताकार पथ का एक चक्कर $t$ सेकंड में लगाता है, तब उसका वेग,

$$v = 2\pi r/t$$

*चित्र 7.16 : पत्थर के किसी टुकड़े द्वारा स्थिर परिमाण के वेग से वृत्ताकार पथ में गति।*

**क्रियाकलाप 7.4**

धागे का एक टुकड़ा लीजिए और उसके एक सिरे पर पत्थर का एक छोटा टुकड़ा बाँध दीजिए। दूसरे सिरे

को हाथ से पकड़कर घुमाइए ताकि पत्थर वृत्ताकार पथ में स्थिर वेग से चक्कर लगाए जैसा कि चित्र 7.16 में दिखाया गया है। अब धागे को छोड़कर पत्थर को मुक्त कर दीजिए। पत्थर की गति की दिशा को ध्यान से देखिए। इस क्रियाकलाप को कुछ बार दोहराइए और पत्थर को पथ की उसकी भिन्न-भिन्न स्थितियों से छोड़िए। प्रत्येक बार पत्थर की गति की दिशा को ध्यान से देखिए।

क्रियाकलाप 7.4 में, यदि छोड़े जाने पर पत्थर की गति की दिशा का आप सावधानी से प्रेक्षण करें तो आप आसानी से देख सकते हैं कि वह किसी सरल रेखा में गति करता है। यह इसलिए होता है कि पत्थर उसी दिशा में गति करता है, जिसमें वह छूटते समय गति कर रहा था। इससे यह प्रदर्शित होता है कि वृत्ताकार पथ में गति करते हुए पत्थर की गति की दिशा, पथ के प्रत्येक बिंदु पर बदलती रहती है। किसी खेल-कूद प्रतियोगिता में जब खिलाड़ी 'हैमर' या 'डिसकस' को फेंकते हैं तो ऐसी ही घटना देखी जा सकती है। खिलाडी 'हैमर' या 'डिसकस' को अपने हाथ में पकड़ता है और अपने शरीर को घुमाते हुए इसे वृत्ताकार गति देता है और फिर वांछित दिशा में छोड़ देता है। 'हैमर' या 'डिसकस' उसी दिशा में गति करते हैं, जिस दिशा में वह हाथ से छूटते क्षण पर खिलाड़ी के शरीर के साथ-साथ गति कर रहे थे।

## आपने क्या सीखा

- सभी सजीव वस्तुएँ किसी न किसी प्रकार की गति करती हैं।
- किसी गतिशील वस्तु की प्रारंभिक व अंतिम स्थितियों के बीच की न्यूनतम दूरी को विस्थापन कहते हैं।
- किसी वस्तु की गति एकसमान या असमान हो सकती है और यह इस पर निर्भर करता है कि उसका वेग स्थिर है या बदल रहा है।
- किसी वस्तु का वेग, उसके द्वारा किसी निश्चित दिशा में एकांक समय में तय की गई दूरी से व्यक्त किया जाता है।
- वेग का SI मात्रक m/s है।
- वेग परिवर्तन की दर को त्वरण कहते हैं।
- किसी वस्तु की एकसमान व असमान गतियों को ग्राफ से प्रदर्शित किया जा सकता है।
- गति के तीन समीकरणों से किसी वस्तु की गति को दर्शाया जा सकता है।
- वृत्ताकार पथ पर चलती हुई वस्तु की गति की दिशा प्रत्येक बिंदु पर बदलती रहती है, यद्यपि उसके द्वारा एकांक समय में तय की गई दूरी स्थिर हो सकती है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

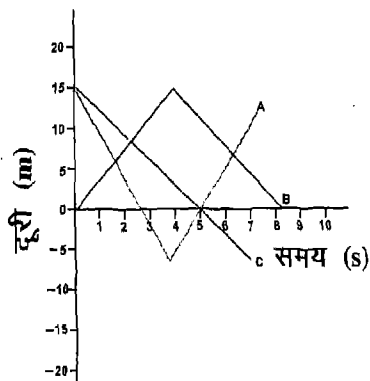
1. चीता सबसे तेज़ दौड़ने वाला स्थल जंतु है और 500 मीटर से कम दूरी के लिए इसका सर्वोच्च वेग 100 km/h तक हो सकता है। यदि चीता अपने शिकार को 100 m की दूरी पर देखता है तो उस तक पहुँचने में चीता कम से कम कितना समय लेगा यदि इस दौरान उसका औसत वेग 90 km/h हो।
2. आजकल सभी बसों व कारों में स्पीडोमीटर लगे होते हैं जो किसी क्षण पर उनका वेग दिखाते हैं। ओडोमीटर नामक यन्त्र वाहन द्वारा तय की गई दूरी मापता है। यदि किसी वाहन के आडोमीटर की माप यात्रा के प्रारंभ में 1048 km व 40 मिनट बाद 1096 km थी, तो वाहन का औसत वेग परिकलित कीजिए। क्या वाहन की गतिशील स्थिति में स्पीडोमीटर की माप यही वेग प्रदर्शित करेगी ? अपने उत्तर के लिए कारण बताइए।
3. दो विपरीत दिशाओं में गतिमान कारें, एक घंटे में बराबर दूरी d तय करती हैं। यदि क्रमशः उत्तर व दक्षिण दिशा में गतिमान हों तो एक घंटे के पश्चात् प्रत्येक का विस्थापन कितना होगा ?
4. कोई धावक 100 मीटर की दौड़ में भाग लेते हुए, पहले सेकंड में 4 मीटर, अगले 4 सेकंड में 30 मीटर व उससे अगले 4 सेकंड में 52 मीटर की दूरी तय करता है और वह दौड़ 10 सेकंड में पूरी कर लेता है तो,
   (a) धावक के औसत वेग की गणना कीजिए।
   (b) किस समय अंतराल में धावक का औसत वेग अधिकतम है ? इस वेग को उपयुक्त मात्रक में व्यक्त कीजिए।
   (c) इस दौड़ में धावक की गति के लिए दूरी–समय ग्राफ बनाइए। मान लें कि किसी दिए गए समय अंतराल के दौरान वेग समान रहता है।
   (d) ग्राफ की सहायता से धावक द्वारा 6 s के अंत तक तय की गई दूरी ज्ञात कीजिए ?

5. कोई पत्थर ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर 5 m/s के वेग से फेंका गया है। इसका त्वरण ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर $10 m/s^2$ हो तो, पत्थर द्वारा प्राप्त अधिकतम ऊँचाई ज्ञात कीजिए। इस उच्चतम ऊँचाई तक पहुँचने में पत्थर को कितना समय लगेगा ?

6. निम्नलिखित स्थितियों में से कौन-सी स्थिति संभव है तथा प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए :
   (a) कोई ऐसी वस्तु जिसका वेग शून्य है परंतु उसका त्वरण स्थिर है।
   (b) क्षैतिज दिशा में गति करती हुई कोई वस्तु, जिसका त्वरण ऊर्ध्वाधर दिशा में है।
   (c) त्वरित गति में स्थिर वेग से चलती हुई कोई वस्तु।

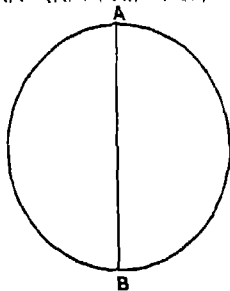
7. किसी सामान्य व्यक्ति को किसी आकस्मिक घटना को देखने तथा उस पर प्रतिक्रिया करने में औसतन 1/15 सेकंड का समय लगता है और इस समय को प्रतिक्रिया काल कहते हैं। 60 km/h वेग से बस चलाते हुए एक ड्राइवर बालक को अचानक सड़क पार करते देखकर ब्रेक लगाता है। ब्रेक को दबाने से पहले बस कितनी दूरी चल चुकी होगी? नशे की हालत में लोगों का प्रतिक्रिया-काल सामान्य से बढ़ जाता है। यदि शराब के नशे से इस ड्राइवर का प्रतिक्रिया काल बढ़कर 1/2 सेकंड हो जाए तो ब्रेक लगाने तक बस कितनी दूरी चल चुकी होगी ?

8. किसी बालिका ने विज्ञान प्रदर्शनी में एक 'क्लैप स्विच' का मॉडल बनाया जिसमें ताली की ध्वनि पर स्विच 'आन' हो जाता था जिससे एक अलार्म बजता था तथा फिर ताली की ध्वनि पर स्विच 'ऑफ' हो जाता था जिससे अलार्म बंद हो जाता था। एक हॉल में इस मॉडल का परीक्षण करते हुए उस बालिका ने नोट किया कि एक बार ताली बजाने के बाद, अलार्म, थोड़े समय के पश्चात् ताली की प्रतिध्वनि से बंद होकर, अलार्म की प्रतिध्वनि से फिर बज जाता था (यह प्रतिध्वनि ताली अथवा अलार्म की ध्वनि के, हॉल की दीवारों से, परावर्तन के कारण उत्पन्न होती है)। बालिका ने अलार्म की दोनों ध्वनियों को अपने टेपरिकॉर्डर पर रिकॉर्ड किया और पाया कि उनके बीच 0.1 सेकंड समय का अंतर है। यदि हॉल की दीवारों के बीच की दूरी 17.5 मीटर हो तो ध्वनि का वेग निकालिए।

9. तीन विभिन्न गतियों के दूरी–समय ग्राफ A, B व C पर चर्चा कीजिए जो चित्र में दिखाए गए हैं। इनमें तय की गई कुल दूरी व विस्थापन की तुलना कीजिए। कौन-सा ग्राफ एक गति को प्रदर्शित करता है जिसमें कुल विस्थापन शून्य हो ?

10. कोई कृत्रिम उपग्रह 42,250 किलोमीटर त्रिज्या के वृत्ताकार पथ में चक्कर लगा रहा है। यदि वह 24 घंटे में पृथ्वी का एक चक्कर लगाता है तो इस उपग्रह के रैखिक वेग की गणना कीजिए।

11. किसी वृत्ताकार साइकिल ट्रैक की परिधि 314 मीटर है, और AB इसका एक व्यास है। यदि कोई साइकिल सवार इस वृत्ताकार पथ पर A से B तक 15.7 मीटर प्रति सेकंड के स्थिर वेग से साइकिल चलाता है तो साइकिल सवार के लिए ज्ञात कीजिए :
   (a) उसके द्वारा तय की गई दूरी।
   (b) उसका विस्थापन, यदि AB उत्तर–दक्षिण दिशा में हो।
   (c) उसका औसत वेग।

अध्याय

# बल (FORCE)

पिछले अध्याय में हमने वस्तुओं की सरल रेखीय गति के बारे में पढ़ा था। हमने पढ़ा कि यह गति एकसमान या असमान हो सकती है। यह इस पर निर्भर करता है कि वेग समय के साथ परिवर्तित होता है या नहीं। जब समय के साथ वेग में परिवर्तन होता है तो गति त्वरित कहलाती है।

अपने दैनिक जीवन में हम देखते हैं कि विराम अवस्था में किसी वस्तु को गतिमान किया जा सकता है और गतिमान वस्तु को विराम अवस्था में लाया जा सकता है। भू-तल पर लुढ़कती हुई गेंद विराम अवस्था में आ जाती है। आपने देखा होगा कि क्रिकेट के मैदान में खिलाड़ी लुढ़कती हुई बॉल को रोक लेते हैं या कभी इसे किसी अन्य दिशा में विक्षेपित कर देते हैं। यह जानना रोचक होगा कि वस्तुएँ गति क्यों करतीं हैं, उनकी गति की दिशा क्यों बदलती है और चलती हुई वस्तुएँ क्यों रुक जाती हैं।

मनुष्य सदा ही यह जानने को उत्सुक रहा है कि वस्तुएँ गति क्यों करती हैं। यूनानी दार्शनिकों का विश्वास था कि किसी वस्तु की प्राकृतिक प्रवृत्ति विराम अवस्था में ही बने रहने की होती है। उनके मत में किसी वस्तु को गतिमान बनाए रखने के लिए उसे धकेलते रहना अनिवार्य है। इसी प्रकार उनका विचार था कि चलती हुई वस्तु को रोकने के लिए लगातार प्रयत्न की आवश्यकता होती है। वस्तुओं की गति के बारे में उनके ये विचार दीर्घकाल तक मान्य रहे। कई शताब्दियों के पश्चात् गैलीलिओ गैलिली (1564-1642) ने वस्तुओं की गति के बारे में एक पूर्णतः भिन्न संकल्पना प्रस्तुत की।

बल की धारणा से हम परिचित हैं। पिछली कक्षाओं में हम पढ़ चुके हैं कि बल को धक्के द्वारा या खींचकर लगाया जा सकता है। हम यह भी जानते हैं कि बल किसी वस्तु का वेग परिवर्तित कर सकता है या चलती हुई वस्तु की वेग की दिशा परिवर्तित कर सकता है। तथापि हम यह नहीं जानते कि किसी निश्चित बल से वस्तु के वेग में कितना परिवर्तन होगा। इस अध्याय में हम बल तथा किसी वस्तु की गति की अवस्था के बीच यथार्थ संबंध के बारे में अध्ययन करेंगे।

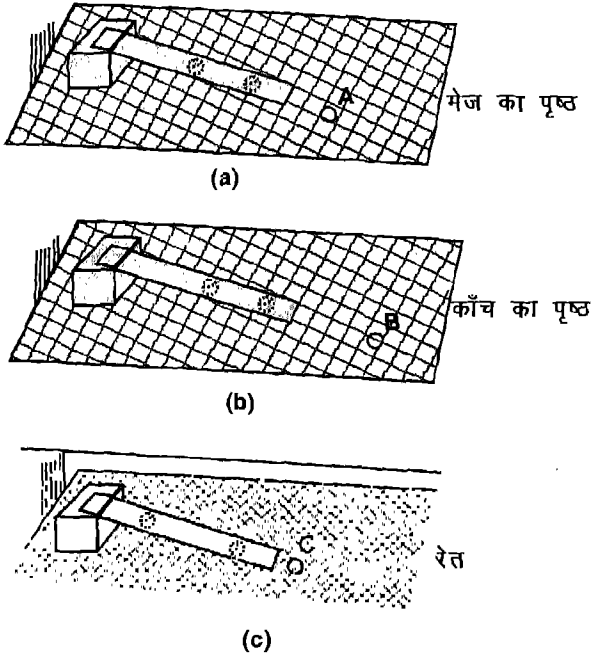
## 8.1 गति विषयक न्यूटन का प्रथम नियम

वस्तुओं की गति को नियंत्रित करने वाले नियमों को सबसे पहले सर आइजक न्यूटन (1642-1727) ने स्थापित किया था। इन नियमों से हमें बल की यथार्थ परिभाषा मिलती है तथा आरोपित बल व वस्तु की गति की अवस्था के बीच मात्रात्मक संबंध प्राप्त होता है।

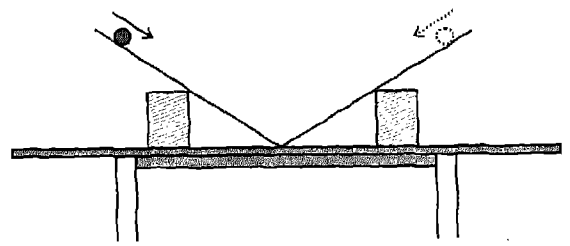
न्यूटन का प्रथम नियम गति के बारे में गैलीलिओ द्वारा प्रस्तुत विचारों पर आधारित है। गैलीलिओ की गति की धारणा को हम निम्नलिखित क्रियाकलाप से समझ सकते हैं।

**क्रियाकलाप 8.1**

लकड़ी के किसी बोर्ड या काँच की एक पट्टिका से एक आनत तल बनाइए, जैसा चित्र 8.1 में दिखाया गया है। इस आनत तल का झुकाव बोर्ड या पट्टिका के पीछे रखे आधार की ऊँचाई को घटा-बढ़ाकर, कम या अधिक कर सकते हैं। आनत तल द्वारा क्षैतिज से बना कोण इसका आनति कोण कहलाता है। अब आनत तल के ऊपरी किनारे पर एक सरल रेखा खींचिए। किसी कंचे (काँच की गोली) को इस पर रखकर छोड़ दीजिए। गोली आनत तल पर लुढ़कती हुई उसके अंत तक पहुँचती है और फिर समतल पर कुछ दूरी तक चलकर रुक जाती है। गोली समतल पर जहाँ रुकती है वहाँ एक निशान लगाइए। इसी गोली को फिर उसी स्थान पर रखकर छोड़ दीजिए जहाँ से पहले छोड़ा था। आप देखेंगे कि गोली समतल पर लगभग उसी बिंदु तक पहुँचती है जहाँ तक पिछली बार पहुँची थी। इसका कारण यह है कि आनत तल पर लुढ़कते हुए गोली का वेग बढ़ता जाता है और समतल तक पहुँचने तक कोई निश्चित मान प्राप्त कर लेता है। अध्याय 9 में आप पढ़ेंगे कि वेग के बढ़ने का कारण गोली का गुरुत्व के अंतर्गत गिरना है। इस प्रकार आनत तल से हमें किसी गोली को समतल पर एक

निश्चित प्रारंभिक वेग से लुढ़काने की सुविधाजनक विधि प्राप्त हो जाती है। इस ज्ञान का उपयोग हम इस क्रियाकलाप में तथा अन्य उदाहरणों में करेंगे।

*चित्र 8.1 (a), (b), (c) : आनत तल पर लुढ़कती काँच की गोली (या कंचा) विभिन्न प्रकार की सतहों पर भिन्न-भिन्न दूरियाँ तय करती है।*

काँच की गोली को आनत तल पर खींची गई रेखा पर रखिए और इसे लुढ़कने दीजिए। समतल मेज पर जिस बिंदु पर गोली रुक जाती है वहाँ निशान A लगाइए [चित्र 8.1(a)]। अब मेज पर काँच की एक पट्टिका इस प्रकार रखिए कि आनत तल पर लुढ़कने के बाद गोली इसी काँच की पट्टी पर लुढ़कती हुई जाए। एक बार फिर से गोली को आनत तल के उसी बिंदु से छोड़िए और उस बिंदु B पर निशान लगाइए जहाँ तक गोली काँच की पट्टिका पर लुढ़कती है। अब काँच की पट्टिका को हटाकर, मेज पर कुछ रेत फैला दीजिए। गोली को फिर उसी बिंदु से छोड़िए और उस बिंदु C पर निशान लगाइए, जहाँ तक पहुँचकर गोली रुक जाती है। आप देखेंगे कि काँच की सतह पर तय की गई दूरी अधिकतम तथा रेत की सतह के लिए सबसे कम है। यद्यपि गोली का समतल पर प्रारंभिक वेग तीनों स्थितियों में समान है। गोली द्वारा विभिन्न प्रकार की सतहों पर तय की गई दूरियों में अंतर का कारण, इन सतहों द्वारा लगाए गए घर्षण में अंतर है। घर्षण के बारे में आप और अधिक इसी अध्याय में पढ़ेंगे।

गैलीलियो ने ऊपर प्रस्तावित क्रियाकलाप के समान एक प्रयोग पर विचार किया। उन्होंने पाया कि आनत-तल पर नीचे की ओर लुढ़कती हुई वस्तु का वेग बढ़ता है जबकि ऊपर चढ़ती हुई वस्तु का वेग कम होता है (चित्र 8.2)। वह यह जानने को बहुत उत्सुक थे कि यदि तल क्षैतिज हो तो वेग पर क्या प्रभाव पड़ेगा। अपने अनुभव से, उन्होंने तर्क किया कि दोनों ओर समान झुकाव वाले आनत तल में (चित्र 8,2), एक ओर से किसी ऊँचाई से गिराई गई गोली दूसरी ओर उसी ऊँचाई तक चढ़ेगी। उन्होंने आगे तर्क दिया कि यदि दूसरी ओर के आनत तल का झुकाव धीरे-धीरे कम किया जाए तो गोली को उसी ऊँचाई तक चढ़ने के लिए अधिक दूरी तय करनी होगी। अंततः यदि तल को क्षैतिज बना दिया जाए तो काँच की गोली उसी ऊँचाई तक चढ़ने के लिए सदैव चलती ही रहेगी। तथापि, वास्तविक व्यवहार में, गोली घर्षण के कारण रुक जाती है।

*चित्र 8.2 : दोनों ओर से आनत किसी तल पर एक ओर से लुढ़कती कोई गेंद दूसरी ओर लुढ़ककर उसी ऊँचाई तक आ जाती है।*

अपने तर्कों के आधार पर, गैलीलिओ ने यूनानी दार्शनिकों की इस धारणा को चुनौती दी कि वस्तुओं की प्राकृतिक अवस्था विराम की अवस्था है। इसके स्थान पर, उन्होंने सुझाया कि वस्तु की प्राकृतिक प्रवृत्ति यह है कि वे अपनी गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करती हैं। इस अवस्था में वस्तु की विराम की अवस्था भी सम्मिलित है।

महान वैज्ञानिक सर आइजैक न्यूटन ने बल व गति के बारे में गैलीलिओ के विचारों को और आगे विकसित किया। उन्होंने अपने निष्कर्षों को तीन मौलिक नियमों के रूप में प्रस्तुत किया जो वस्तुओं की गति को नियंत्रित करते हैं।

न्यूटन का पहला नियम इस प्रकार प्रस्तुत किया जाता है : ***प्रत्येक वस्तु अपनी स्थिर अवस्था अथवा सरल रेखा में एकसमान गति की अवस्था में बनी रहती है जब तक उस पर कोई बाहरी बल न लगे।***

> कोई वैज्ञानिक नियम, प्रकृति तथा विश्व या उसके अंशों द्वारा व्यवहार करने की कार्य-प्रणाली का वर्णन करता है। यह प्राकृतिक घटनाओं का व्यापक वर्णन प्रस्तुत करता है, जो सर्वत्र मान्य होता है।
>
> वैज्ञानिक, नियमों को इस प्रकार प्रस्तुत करने का पूरा प्रयत्न करते हैं कि ये नियम विश्व के व्यवहार की ठीक-ठीक व्याख्या कर सकें। फिर भी जब कभी प्रमाण मिल जाते हैं, या मापन की उन्नत तकनीक से अधिक परिशुद्ध माप संभव हो जाती है, तो इस आधार पर इन नियमों में संशोधन करना पड़ता है। तब नियम का फिर से वर्णन किया जाता है, या इसमें संशोधन किया जाता है, या इसे पूरी तरह अस्वीकृत कर दिया जाता है। अतः किसी वैज्ञानिक नियम को संबंधित घटना के लिए ऐसा सर्वोत्तम संभव प्रकथन समझा जाना चाहिए, जो उस समय उपलब्ध सूचना पर आधारित है।

गति के प्रथम नियम के अनुसार जो वस्तु विराम अवस्था में है, उसकी विराम में ही बने रहने की प्रवृत्ति होती है, तथा जो वस्तु गति में होती है, वह सरल रेखा में गति करने रहना चाहती है जब तक उस पर कोई बाह्य बल न लगे। दूसरे शब्दों में सभी वस्तुएँ अपनी **गति की अवस्था** में किसी परिवर्तन का विरोध करती हैं। वस्तुओं की अपनी **गति की अवस्था** में परिवर्तन का विरोध करने की प्रवृत्ति को जड़त्व कहते हैं। अतः गति-विषयक न्यूटन के प्रथम नियम को **जड़त्व का नियम** भी कहते हैं।

क्या आपने कभी दौड़ते हुए एकाएक रुकने का प्रयत्न किया है ? किसी धावक को दौड़ते हुए अपने अधिकतम वेग तक पहुँचने में कुछ समय क्यों लगता है ?

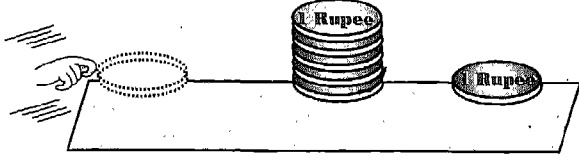
कोई धावक दौड़ समाप्ति की रेखा (finish line) को पार करने के बाद भी कुछ समय तक दौड़ता ही क्यों रहता है ? स्विच बंद करने के बाद भी पंखा कुछ समय तक क्यों चलता रहता है ? मशीनें या वाहन प्रारंभ में धीमी गति से क्यों चलते हैं ? जब ये गति में हों तो उनको रोकने के लिए कुछ प्रयत्न या बल की आवश्यकता क्यों होती है ? इन सब प्रश्नों का एक ही उत्तर है – जड़त्व के कारण वस्तुओं की अपनी गति की स्थिति या अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करने की प्रवृत्ति।

बस में खड़े हुए यात्रा करने में हमें प्रायः अपने शरीर के जड़त्व का अनुभव होता है। याद कीजिए जब एकाएक बस चलने लगती है तब क्या होता है ? यह सामान्य अनुभव है कि हम पीछे की ओर गिरते हैं। इस अनुभव की, न्यूटन के पहले नियम के आधार पर व्याख्या की जा सकती है। प्रारंभ में आप व बस दोनों ही विराम अवस्था में हैं। बस के इंजन द्वारा लगाया गया बल उसे गति में लाता है। एकाएक गति से बस व उसके संपर्क में आपके पैरों की गति की अवस्था में परिवर्तन होता है, अर्थात् ये गति में आ जाते हैं। किंतु, आपके शरीर का शेष या ऊपरी भाग, अपने जड़त्व के कारण इस परिवर्तन का प्रतिरोध करता है और वहीं रहना चाहता है जहाँ वह था (अर्थात् विराम में)। ठीक इसके विपरीत होता है जब किसी चलती हुई बस को ब्रेक लगाकर एकाएक रोका जाता है। इस स्थिति में आप आगे की ओर गिरते हैं। अब आप समझ सकते हैं कि वायुयानों व मोटर चालित वाहनों में, जहाँ वेग में एकाएक परिवर्तन हो सकता है, सीट बैल्ट क्यों लगाई जाती है।

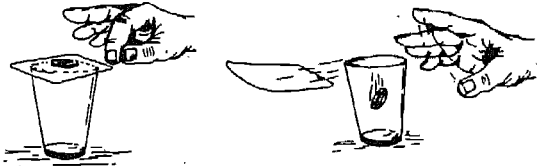
हम जड़त्व के प्रभाव का कुछ सरल क्रियाकलापों की सहायता से प्रदर्शन कर सकते हैं। आप इन क्रियाकलापों का आनंद ले सकते हैं।

### क्रियाकलाप 8.2

एक ही प्रकार के कुछ सिक्कों, (जैसे एक रुपए के सिक्के) को एक के ऊपर एक रखकर ढेरी बनाइए, जैसा चित्र 8.3 में दिखाया गया है। एक अन्य सिक्के को अपनी अँगुलियों से तीव्रता से झटका देकर ढेरी के सबसे नीचे वाले सिक्के पर टकराइए। यदि आप सिक्के को तीव्रता

से टकराते हैं तो आप देखेंगे कि केवल सबसे नीचे वाला सिक्का ढेरी से बाहर निकलता है और शेष ढेरी उसी प्रकार बनी रहती है क्योंकि शेष सिक्कों का जड़त्व उन्हें गति में आने से रोकता है।

*चित्र 8.3 : सिक्कों की ढेरी से केवल नीचे वाला सिक्का ही बाहर निकलता है जब कोई अन्य सिक्का उस पर तीव्र गति से टकराता है।*

### क्रियाकलाप 8.3

काँच का एक खाली गिलास लीजिए। उसके ऊपर मोटा चिकना गत्ते का टुकड़ा रखिए। गत्ते के ऊपर पाँच रुपये का एक सिक्का रखिए। अब गत्ते को अपनी अँगुलियों से तेजी से झटका दीजिए। यदि आप तीव्रता से ऐसा करें, तो आप देखेंगे कि गत्ता तो आगे खिसक जाता है, किंतु सिक्का गिलास में गिर जाता है। सिक्का गत्ते के साथ ही क्यों नहीं चला जाता ? इसलिए कि सिक्के का जड़त्व उसे विराम अवस्था में ही रखता है जबकि गत्ता उस पर झटके से लगाए बल के कारण गति में आ जाता है।

*चित्र 8.4 : गत्ते को झटका देने पर उस पर रखा सिक्का गिलास में गिर जाता है।*

जड़त्व के प्रभाव को किसी वस्तु की गति की दिशा में परिवर्तन के रूप में भी देखा जा सकता है। यदि चलती हुई बस या कार सड़क पर एकाएक मुड़ जाए तो क्या होता है ? यदि आपने सीट को पकड़ न रखा हो तो अचानक आप सीट के किनारे की ओर खिसक जाते हैं। इसका कारण यह है कि आप उसी दिशा में गति में थे जिसमें बस या कार गतिशील थी। बस या कार के अचानक मुड़ने से, उसकी गति की दिशा में परिवर्तन हो जाता है, जबकि आपके शरीर की प्रवृत्ति प्रारंभिक दिशा में ही गति करने की बनी रहती है।

### क्रियाकलाप 8.4

पानी से भरा एक गिलास किसी ट्रे पर रखिए। ट्रे को अपने हाथों में पकड़कर जितनी तेजी से हो सके घूम जाइए। देखिए क्या होता है। स्पष्ट कीजिए गिलास क्यों गिर जाता है ?

क्या अब आप समझे कि प्लेट में कप को रखने के लिए खाँचा क्यों बना होता है ? अचानक झटके लगने की दशा में, प्लेट का खाँचा कप को गिरने से रोकता है।

ऊपर की गई चर्चा से अब हमको ज्ञात हो गया कि ***किसी वस्तु पर लगने वाला बल, उस वस्तु की गति की अवस्था में परिवर्तन करता है या परिवर्तन करने का प्रयत्न करता है।***

## 8.2 जड़त्व तथा द्रव्यमान

आप सोचते होंगे कि क्या सभी वस्तुएँ अपनी गति की अवस्था परिवर्तन का समान रूप से प्रतिरोध करती हैं ? दूसरे शब्दों में, क्या वस्तुओं का जड़त्व बराबर होता है ? हम जानते हैं कि लोहे की बॉल की अपेक्षा, उसी साइज़ (आमाप) की रबड़ की गेंद को फेंकना अधिक आसान होता है।

इसी प्रकार, पुस्तकों से भरे किसी बॉक्स की अपेक्षा खाली बॉक्स को उठाना अधिक आसान होता है। ये प्रेक्षण यह बताते हैं कि सभी वस्तुएँ अपनी गति की अवस्था में परिवर्तन का समान रूप से प्रतिरोध नहीं करतीं। कुछ वस्तुएँ अन्य वस्तुओं से अधिक प्रतिरोध करती हैं। हमारा अनुभव भी इस परिणाम की पुष्टि करता है। उदाहरण के लिए, यदि हम किसी फुटबॉल को किक (ठोकर) लगाते हैं तो वह दूर चली जाती है। किन्तु, यदि हम उसी साइज़ के पत्थर पर उसी बल से किक लगाएँ, तो हो सकता है कि वह हिले भी नहीं। हो सकता है हमें ही चोट लग जाए। इसका कारण यह है कि पत्थर का जड़त्व फुटबॉल के जड़त्व से अधिक है। इन उदाहरणों से यह निष्कर्ष निकलता है कि जितना अधिक वस्तु का द्रव्यमान होगा, उतना ही अधिक उसका जड़त्व भी होगा। **अतः किसी वस्तु का द्रव्यमान उसके जड़त्व की माप होता है।**

**आप 'द्रव्यमान' शब्द से परिचित हैं। पिछली कक्षाओं में आपने पढ़ा है कि किसी वस्तु का द्रव्यमान, उसमें निहित पदार्थ की मात्रा को कहते**

हैं। अतः अब हम जानते हैं कि *द्रव्यमान, जड़त्व की माप है।*

**प्रश्न**

1. किसी दरी या कालीन को डंडे से पीटने पर धूल बाहर निकल आती है। स्पष्ट कीजिए, क्यों ?
2. क्या होता है जब आप किसी गीले कपड़े को झटकते हैं ? अपने प्रेक्षण को स्पष्ट कीजिए।
3. जैवलिन थ्रो (भाला फेंकने) में यदि खिलाड़ी किसी निश्चित रेखा को पार कर लेता है तो यह 'फाउल' माना जाता है। किंतु खिलाड़ी इस रेखा पर रुकने में प्रायः असफल रहते हैं। स्पष्ट कीजिए, क्यों ?

## 8.3 गति विषयक न्यूटन का द्वितीय नियम – संवेग

क्या आप कभी सड़क पर खड़े किसी ट्रक के सामने से निकले हैं ? तब आपने संभवतः ट्रक की उपस्थिति पर ध्यान भी नहीं दिया होगा। किंतु, यदि ट्रक 10 किलोमीटर प्रति घंटे के वेग से भी चल रहा होता, तो आप ऐसा करने का दुस्साहस नहीं करते। गतिशील ट्रक में ऐसा क्या है जिससे हमें डर लगता है ?

क्या यह ट्रक के वेग के कारण है ? यह केवल वेग ही नहीं हो सकता। यदि ऐसा होता तो ट्रक के बराबर वेग से चलती साइकिल, या बॉल या किसी मक्खी से भी हमें उतना ही डर लगता! दूसरी ओर, यह केवल ट्रक के द्रव्यमान के कारण भी नहीं हो सकता, क्योंकि जब ट्रक चल नहीं रहा हो तो उससे हमें कोई खतरा प्रतीत नहीं होता। इसी प्रकार, बंदूक की गोली या क्रिकेट की बॉल को हम सुरक्षित रूप से अपने हाथ में पकड़ सकते हैं। किंतु बंदूक से चली हुई वही गोली व उच्च वेग से चलती वही बॉल घातक हो सकती है।

इन प्रेक्षणों से यह प्रतीत होता है कि वस्तु के द्रव्यमान व वेग के गुणनफल से प्राप्त राशि की कुछ विशेष सार्थकता है। वास्तव में इन दोनों का गुणनफल कुछ मानों में, द्रव्यमान व वेग से भी अधिक मूल राशि हैं। इन दोनों (द्रव्यमान व वेग) का उचित ध्यान रखते हुए न्यूटन ने अपने द्वितीय नियम के कथन में **संवेग** (momentum) की धारणा को प्रस्तुत किया।

गति करती हुई किसी वस्तु का संवेग उसके द्रव्यमान व वेग के गुणनफल से परिभाषित किया जाता है। यदि वस्तु के द्रव्यमान को $m$ से, व इसके वेग को $v$ से प्रकट करें, तो वस्तु के **संवेग** $p$ का परिमाण,

$$p = mv \tag{8.1}$$

संवेग का SI मात्रक किलोग्राम मीटर प्रति सेकंड (kg m/s) है। संवेग में परिमाण व दिशा दोनों ही होते हैं। इसकी दिशा वही होती है जो वेग की होती है।

गति विषयक न्यूटन के द्वितीय नियम को इस प्रकार व्यक्त किया जाता है– ***किसी वस्तु के संवेग परिवर्तन की दर, उस पर आरोपित बल के समानुपाती होती है और उसी दिशा में होती है जिसमें बल लगाया जाता है।***

माना कि $m$ द्रव्यमान की किसी वस्तु का वेग, $F$ बल लगाने पर, $t$ समय के पश्चात् $u$ से $v$ हो जाता है, तब इसके प्रारंभिक व अंतिम संवेग क्रमशः $p_1 = mu$ व $p_2 = mv$ होंगे। संवेग में यह परिवर्तन $(p_2 - p_1)$ समय $t$ में होता है। तब न्यूटन के दूसरे नियम से,

$$\frac{p_2 - p_1}{t} \propto F$$

$$\text{अथवा } F = k \frac{(p_2 - p_1)}{t} \tag{8.2}$$

जहाँ $k$ एक आनुपातिकता स्थिराँक है, किंतु

$p_1 = mu$ तथा $p_2 = mv$, इसलिए

$$F = k\frac{m(v-u)}{t}$$

अब, $m(v-u)/t$ वेग परिवर्तन की दर का परिमाण है, अर्थात् त्वरण $a$ है। इस प्रकार,

$$F = kma \tag{8.3}$$

हम बल के मात्रक इस प्रकार लेते हैं कि $k$ का मान 1 हो जाता है। समीकरण (8.3) में $k = 1$ रखने पर,

$$F = ma \tag{8.4}$$

हम यह भी कह सकते हैं कि वस्तु के द्रव्यमान और त्वरण का गुणनफल, उस पर लगे बल को निर्धारित करता है।

समीकरण (8.4) की सहायता से, हम बल का मात्रक व्युत्पन्न (derive) कर सकते हैं। इस समीकरण में द्रव्यमान व त्वरण का SI मात्रक प्रतिस्थापित (substitute)

करने पर,

बल का मात्रक, $F = 1\text{ kg} \times 1\text{ m/s}^2 = 1\text{ kg m/s}^2$

बल के इस मात्रक को एक विशेष नाम दिया गया है – न्यूटन और इसका प्रतीक N है।

गति के दूसरे नियम से हमें बल मापने की एक विधि मिलती है। यदि किसी वस्तु का द्रव्यमान तथा किसी बल द्वारा उत्पन्न उसका त्वरण ज्ञात हो, तो हम उस बल को माप सकते हैं।

### उदाहरण 8.1

12 kg द्रव्यमान की किसी वस्तु में $2\text{ m/s}^2$ का त्वरण उत्पन्न करने के लिए कितने बल की आवश्यकता होगी ? यदि बल को दोगुना कर दिया जाए तो त्वरण कितना हो जाएगा ?

**हल**

दिया गया है, त्वरण $a = 2\text{ m/s}^2$ और द्रव्यमान $m = 12\text{ kg}$

समीकरण (8.4) से,

$$F = ma$$

$m$ व $a$ मान रखने पर,

$$F = (12\text{ kg})(2\text{ m/s}^2)$$

या $F = 24\text{ N}$

यदि इस बल को दोगुना कर दिया जाए तो

$$a = F/m$$

अब $F = 48\text{ N}$

अतः $a = F/m = (48\text{N})/(12\text{ kg}) = 4\text{ m/s}^2$

### उदाहरण 8.2

कोई व्यक्ति 50 kg द्रव्यमान के बॉक्स को 80 N बल लगाकर धकेलता है। बॉक्स का त्वरण कितना होगा ? यदि बॉक्स का द्रव्यमान आधा कर दिया जाए तो त्वरण कितना होगा ?

**हल**

बॉक्स का द्रव्यमान $m = 50\text{ kg}$, बल $F = 80\text{ N}$

$m$ व $F$ का मान रखने पर

$$a = (80\text{ N})/(50\text{ kg})$$

$$a = 1.6\text{ N/kg}$$

या $a = 1.6\text{ kg m/s}^2\text{/kg}$

$$a = 1.6\text{ m/s}^2$$

यदि द्रव्यमान को आधा कर दिया जाए तो त्वरण दोगुना हो जाएगा।

अर्थात् तब त्वरण $3.2\text{ m/s}^2$ होगा।

### उदाहरण 8.3

कोई मोटर साइकिल 90 km/h के वेग से चल रही है और ब्रेक लगाने पर 5 s में रुक जाती है। ब्रेक द्वारा मोटर साइकिल पर लगाए गए बल की गणना कीजिए, यदि चालक सहित इसका द्रव्यमान 200 kg हो।

**हल**

मोटर साइकिल का प्रारंभिक वेग $u = 90\text{ km/h}$

अंतिम वेग, $v = 0$; रुकने में लगा समय $t = 5\text{ s}$

मोटर साइकिल व चालक का द्रव्यमान $= 200\text{ kg}$

मोटर साइकिल का त्वरण

$$a = \frac{v-u}{t} = \frac{0-25\text{ m/s}^2}{5\text{ s}} = -5\text{ ms}^2$$

ऋणात्मक चिह्न प्रकट करता है कि वेग कम हो रहा है।

ब्रेक द्वारा लगाए गए बल का परिमाण $F = ma$

या $F = 200\text{ kg} \times 5\text{ m/s}^2$

$= 1000\text{ kgm/s}^2$ या 1000 N

### 8.3.1 दैनिक जीवन से कुछ उदाहरण

हमारे दैनिक जीवन के कुछ अनुभव भी गति के द्वितीय नियम का परिणाम हैं। कई परिस्थितियों में हम संवेग परिवर्तन के समय को घटा या बढ़ा कर, संवेग परिवर्तन की दर को बढ़ाने या घटाने का प्रयत्न करते हैं। क्या आपने कभी सोचा है कि कराटे के खिलाड़ी एक ही झटके से बर्फ की सिल्ली को या टाइलों की ढेरी को कैसे तोड़ लेते हैं। वे अधिकतम संभव तीव्रता से सिल्ली या ढेरी पर चोट करते हैं, जिससे उनके हाथ का संवेग बहुत ही कम समय में शून्य हो जाता है। परिणामस्वरूप, टाइलों की ढेरी या बर्फ की सिल्ली पर लगने वाला बल

इतना अधिक होता है कि वह ढेरी या सिल्ली को तोड़ सकता है। इसके विपरीत ऊँची कूद लगाने वाले खिलाड़ी या कुश्ती के दौरान पहलवान, अपने नीचे गिरने के समय को बढ़ाने का प्रयत्न करते हैं। इस प्रकार संवेग परिवर्तन की दर घट जाती है। अतः वह बल कम हो जाता है जिसे वह भूमि पर गिरते समय लगाते। फलस्वरूप गिरने के कारण उनके शरीर पर प्रतिकिया का बल अर्थात् प्रतिघात (impact) कम करने में सहायता मिलती है।

क्या आपको कभी तीव्र गति से गतिशील क्रिकेट की किसी बॉल या किसी अन्य कठोर बॉल को रोकते हुए चोट लगी है? क्रिकेट के खिलाड़ी जानते हैं कि यदि वे संवेग परिवर्तन की दर के कारण उत्पन्न होने वाले बल को ध्यान में रखे बिना तेजी से जाती हुई बॉल को रोकने या पकड़ने का प्रयत्न करेंगे तो उन्हें चोट लग सकती है। अतः कैच लेते समय वे बॉल सहित अपने हाथ पीछे खींच लेते हैं। इससे बॉल के संवेग के शून्य होने का समय बढ़ जाता है और संवेग परिवर्तन की दर कम हो जाती है। अतः खिलाड़ी के हाथों में लगने वाला बल कम हो जाता है (चित्र 8.5)। इसी प्रकार, कोई बॉक्सर अपने विरोधी के मुक्के का प्रभाव कम करने के लिए अपना सिर पीछे को कर लेता है।

*चित्र 8.5 : क्रिकेट के खेल में कैच लेते समय, फील्डर बॉल के साथ अपने हाथों को पीछे की ओर खींच लेता है।*

## 8.4 गति विषयक न्यूटन का तीसरा (तृतीय) नियम

हम देख चुके हैं कि न्यूटन के पहले नियम से हमें बल की गुणात्मक व दूसरे नियम से उसके मात्रात्मक मापन की विधि प्राप्त होती है। न्यूटन का तृतीय नियम हमें लगाए गए बलों की ही प्रकृति के बारे में बताता है। न्यूटन के तृतीय नियम के अनुसार, ***वस्तु A द्वारा वस्तु B पर लगाया गया बल, परिमाण में B द्वारा A पर लगाए गए बल के बराबर तथा दिशा में उसके विपरीत होता है।***

वस्तु A द्वारा B पर लगाया बल, क्रिया व B द्वारा A पर लगाया गया बल प्रतिक्रिया कहलाता है। हम इनमें से किसी को भी क्रिया या प्रतिक्रिया कह सकते हैं। अतः गति के तृतीय नियम को इस प्रकार भी व्यक्त किया जा सकता है– ***किसी भी क्रिया के लिए ठीक उसके बराबर परंतु विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है।*** वैसे, यह अवश्य याद रखना चाहिए कि क्रिया व प्रतिक्रिया सदैव दो भिन्न-भिन्न वस्तुओं पर कार्य करती हैं।

न्यूटन का गति का तृतीय नियम दो वस्तुओं के बीच क्रिया व प्रतिक्रिया के बारे में है। इससे हमें यह ज्ञात होता है कि किसी बल के अस्तित्व के लिए, कम से कम दो वस्तुओं का होना आवश्यक है। उदाहरण के लिए, जब आप अपनी हथेली से मेज को दबाते हैं तो आप एक बल लगाते हैं। तृतीय नियम के अनुसार, मेज भी आपकी हथेली पर बल लगाती है। आपके हाथ में पीड़ा का अनुभव इसी बल, अर्थात् मेज की प्रतिक्रिया के कारण होता है। दूसरे शब्दों में, इसका तात्पर्य है कि बल सदैव युगल रूप में होते हैं। किसी एकल बल का अस्तित्व संभव नहीं है।

कोई बल या तो क्रिया है अथवा प्रतिक्रिया है। क्रिया और प्रतिक्रिया के बल इतने सामान्य हैं कि हम प्रायः उनके प्रभावों को अनुभव नहीं कर पाते। क्या आप जानते हैं कि वह कौन-सा बल है जिसके कारण हम पृथ्वी पर चल या दौड़ सकते हैं, या किसी वस्तु को गतिमान कर सकते हैं ? हममें से अधिकांश का उत्तर संभवतः यही होगा कि 'यह वह बल है जो हम अपनी पेशियों द्वारा लगाते हैं।' किंतु, वास्तव में ऐसा नहीं है !

इस स्थिति को हम गति के तृतीय नियम की सहायता से स्पष्ट करने का प्रयत्न करते हैं। यह कहना ठीक है कि जब हम भूमि पर चलते हैं या किसी भरी हुई ट्रॉली को धक्का देकर खिसकाते हैं तो हम अपना पेशीय बल लगाते हैं। किंतु, सोचिए कि यह बल हम किस दिशा

में लगाते हैं। क्या यह वही दिशा है जिसमें हम गति करना चाहते हैं ? नहीं, यदि हमें आगे की ओर जाना है तो हम अपने नीचे की पृथ्वी की सतह को अपने पैरों से पीछे की ओर धकेलते हैं। इसी प्रकार, ऊपर की ओर छलाँग लगाने के लिए हम भूमिपृष्ठ को नीचे की ओर दबाते हैं। वह बल, जो वास्तव में हमें इच्छित दिशा में गति प्रदान करता है, हमारे शरीर द्वारा लगाए गए बल के प्रति भूमि की प्रतिक्रिया है (चित्र 8.6)।

*चित्र 8.6 : ऊपर की ओर छलांग लगाने के लिए पृथ्वी सतह पर नीचे की ओर बल लगाते हुए कोई बालक*

इसी प्रकार, कोई तैराक आगे बढ़ने के लिए अपने हाथों व पैरों से पानी को पीछे की ओर धकेलता है (या बल लगाता है)। इस बल की प्रतिक्रिया ही उसे आगे की ओर धकेलती है। नाव चलाने पर पानी को पतवारों से पीछे की ओर धकेला जाता है जबकि नाव आगे की ओर बढ़ती है (चित्र 8.7)। क्योंकि, क्रिया और प्रतिक्रिया बराबर व विपरीत दिशा में होगी, जितने अधिक बल से हम धकेलेंगे, उतनी ही अधिक प्रतिक्रिया होगी। इन सब उदाहरणों से स्पष्ट है कि क्रिया तथा प्रतिक्रिया (बल) दो भिन्न-भिन्न वस्तुओं पर आरोपित होते हैं।

यह आवश्यक नहीं है कि जब दो वस्तुएँ संपर्क में हों तभी वह एक दूसरे पर बल लगाएँ। उदाहरण के लिए, चुंबक व लोहे के टुकड़े के बीच, या दो चुंबकों के बीच पारस्परिक क्रिया, उनके संपर्क में आए बिना भी हो सकती है। आपने देखा होगा कि सूखे बालों पर रगड़ने पर आवेशित कोई कंघा, कुछ दूरी से ही, छोटे-छोटे कागज़ के टुकड़ों को आकर्षित कर लेता है। कंघे व कागज़ के टुकड़ों के बीच आकर्षण बल, इस प्रकार का एक और उदाहरण है जिसमें बिना संपर्क के भी बल क्रिया कर सकता है। आप अध्याय 9 में पढ़ेंगे कि गुरुत्वाकर्षण बल दो वस्तुओं के संपर्क में आए बिना भी क्रिया कर सकता है। किन्हीं दो खगोलीय पिंडों, जैसे पृथ्वी और चंद्रमा, या पृथ्वी व सूर्य के बीच गुरुत्वाकर्षण बल, उनके संपर्क में आए बिना ही लगता है।

*चित्र 8.7 : नाव चलाने पर पानी को पतवारों से पीछे की ओर धकेला जाता है।*

## 8.5 संवेग संरक्षण

न्यूटन के तीसरे (तृतीय) नियम से हमें विज्ञान का एक और महत्त्वपूर्ण नियम प्राप्त होता है जिसे संवेग संरक्षण का नियम कहते हैं। इस नियम का हम गति के दूसरे नियम से निगमन कर सकते हैं। समीकरण (8.2) से,

$$F = k\frac{(p_2 - p_1)}{t}$$

यदि $k = 1$ रखें तो,

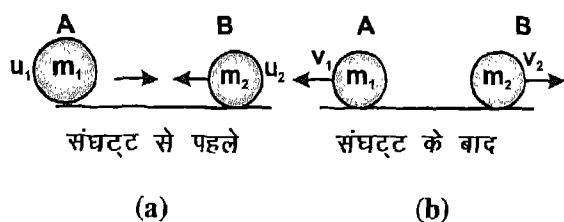
$$F = \frac{(p_2 - p_1)}{t}$$

अब यदि $F = 0$ (शून्य) तो $p_1 = p_2$। इसका तात्पर्य यह है कि एक वस्तु अथवा वस्तुओं के निकाय का कुल संवेग अचर रहता है, यदि उस पर कोई बल कार्य न करे। इस निष्कर्ष का व्यापकीकरण किया जाता है, जिससे हमें संवेग संरक्षण का नियम प्राप्त होता है। इस नियम को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है–

***यदि किसी समूह में वस्तुएँ एक दूसरे पर बल लगा रही हैं अर्थात् पारस्परिक क्रिया कर रही हैं तो पारस्परिक क्रिया के पहले और पारस्परिक क्रिया के बाद, उनका कुल संवेग संरक्षित रहता है, जबकि उन पर कोई बाह्य बल न लगे। इसे संवेग संरक्षण का नियम*** *कहते हैं।*

आइए, हम एक उदाहरण की सहायता से यह समझने का प्रयत्न करें कि ऊपर दिए गए कथन का तात्पर्य क्या है। हम जानते हैं कि किसी गैस में उसके अणु सभी दिशाओं में यादृच्छिक रूप से गति करते रहते हैं। मान लीजिए कि किसी बंद पात्र में कोई गैस भरी है। किसी दिए गए क्षण पर इस गैस के प्रत्येक अणु का निश्चित द्रव्यमान व वेग है। अर्थात्, प्रत्येक अणु का कुछ निश्चित संवेग है। मान लीजिए गैस के अणुओं की संख्या $n$ है और किसी क्षण पर उनके संवेग क्रमशः $p_1$,$p_2$, $p_3$... हैं, तो इन संवेगों का योग $p = p_1+ p_2+ p_3+...p_n$ होगा। अब मान लीजिए कि प्रत्येक अणु का वेग, अन्य अणुओं से टक्कर अथवा संघट्ट के कारण परिवर्तित हो जाता है।

किंतु संवेग संरक्षण के नियम के अनुसार, सब अणुओं का नए संवेग का योग फिर भी वही, अर्थात् $p$ रहेगा, जब तक कि गैस पर कोई बाहरी (या बाह्य) बल नहीं लगता।

ऊपर के उदाहरण में संबद्ध अणुओं की संख्या बहुत अधिक थी। हम किसी सरल स्थिति पर विचार करें जिसमें केवल दो कण संबद्ध हैं। काँच की दो गोलियों A और B पर विचार कीजिए, जिनके द्रव्यमान क्रमशः $m_1$ व $m_2$ तथा प्रारंभिक वेग $u_1$ और $u_2$ हैं [चित्र 8.8 (a)]। मान लीजिए कि इन दो गोलियों की आमने-सामने की टक्कर होती है और यह टक्कर $t$ समय तक रहती है। यह स्थिति ऐसी ही है जैसे कि कैरम या बिलियर्ड के खेल में होती है। माना टक्कर के बाद गोलियों A और B का वेग क्रमशः $v_1$ और $v_2$ हो जाता है [चित्र 8.8(b)]। हम यह भी मान लेते हैं कि इन गोलियों पर कोई अन्य बल नहीं लग रहे हैं।

*चित्र 8.8 : काँच की दो गोलियों की टक्कर।*

गोली A का टक्कर से पहले व टक्कर के बाद संवेग क्रमशः $m_1u_1$ व $m_1v_1$ है। टक्कर के दौरान, इसके संवेग परिवर्तन की दर $m_1(v_1- u_1) / t$ होगी। इसी प्रकार गोली B के संवेग परिवर्तन की दर $m_2(v_2-u_2) / t$ होगी। यदि A द्वारा B पर आरोपित बल $F_{12}$ हो, और B द्वारा A पर आरोपित बल $F_{21}$ हो, तो गति के द्वितीय नियम के अनुसार,

$$F_{12} = m_1(v_1- u_1) / t \quad (8.5)$$

और

$$F_{21} = m_2(v_2-u_2) / t \quad (8.6)$$

अब गति के तृतीय नियम के अनुसार A द्वारा B पर लगाया गया बल $F_{12}$ और B द्वारा A पर लगाया गया बल $F_{21}$ आपस में बराबर व विपरीत होने चाहिए। अतः

$$F_{12} = -F_{21}$$

समीकरण (8.5) व (8.6) से $F_{12}$ व $F_{21}$ का मान रखने पर

$$\frac{m_1(v_1 - u_1)}{t} = -\frac{m_2 (v_2 - u_2)}{t}$$

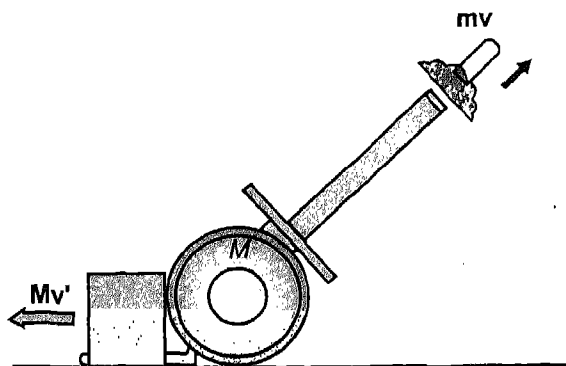
या $$m_1 (v_1 - u_1) = m_2 (v_2 - u_2)$$

या $$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

यहाँ $(m_1u_1+ m_2u_2)$ दो गोलियों का टक्कर से पहले कुल संवेग है तथा $(m_1v_1+ m_2v_2)$ टक्कर के बाद कुल संवेग है। इस प्रकार हमें ज्ञात होता है कि दो गोलियों की टक्कर में, टक्कर के पहले कुल संवेग तथा टक्कर के बाद का कुल संवेग, बराबर होते हैं, अर्थात् संवेग संरक्षित रहता है, जबकि निकाय पर कोई बाह्य बल न लगे। यह परिणाम संवेग संरक्षण के नियम के अनुसार ही है।

आपने देखा है कि संवेग का परिमाण और इसकी दिशा वही होती है जो वेग $v$ की दिशा है। इस प्रकार संवेग में परिमाण व दिशा दोनों ही होते हैं। इस प्रकार की राशियाँ जैसा कि आप जानते हैं, सदिश राशियाँ कहलाती हैं। आमने-सामने की टक्कर के ऊपर दिए गए उदाहरण में हमने प्रदर्शित किया कि संवेग का परिमाण संरक्षित रहता है। उस टक्कर में, जहाँ, दो वस्तुओं के वेग की दिशाएँ एक दूसरे से कोण बनाती है, हमें प्रारंभिक व अंतिम संवेगों के परिमाण, व दिशा दोनों पर विचार करना होगा। तब यह दिखाया जा सकता है कि संवेग सदिश राशि है तथा यह परिमाण व दिशा दोनों में ही संरक्षित रहता है।

यह याद रखना महत्त्वपूर्ण है कि यह नियम उन पारस्परिक क्रिया करती हुई वस्तुओं पर भी लागू होता है जो बिना संपर्क के लगने वाले बल के प्रभाव के अंतर्गत होती है, जैसे सूर्य के गुरुत्वाकर्षण का पृथ्वी पर प्रभाव, या एक चुंबक का दूसरे चुंबक पर प्रभाव। इन स्थितियों में संबद्ध बल भिन्न हो सकते हैं, किंतु संवेग संरक्षण का नियम वैध रहता है।

दैनिक जीवन में बहुत-सी परिघटनाओं की संवेग संरक्षण के नियम के आधार पर व्याख्या की जा सकती है। उदाहरण के लिए, जब बंदूक से गोली चलाई जाती है तो गोली बंदूक की नाल से कुछ वेग से बाहर निकलती है और बंदूक को पीछे की ओर कुछ धक्का लगता है। गोली व बंदूक दोनों ही प्रारंभ में विराम अवस्था में थे। अतः प्रारंभ में दोनों का कुल संवेग शून्य था। किंतु गोली चलाने पर गोली कुछ वेग प्राप्त कर लेती है। अतः वह कुछ संवेग उपार्जित कर लेती है, जिसकी दिशा आगे की ओर होती है। क्योंकि बंदूक दागने से पहले व बाद में संवेग संरक्षित रहना चाहिए (अर्थात् बंदूक दागने के बाद भी गोली व बंदूक का कुल संवेग शून्य ही रहना चाहिए) अतः बंदूक का संवेग भी, गोली के संवेग के बराबर, किंतु विपरीत दिशा में होना चाहिए। अतः बंदूक गोली की विपरीत दिशा में, अर्थात् पीछे को गति करती है। इसे बंदूक का प्रतिक्षेप कहते हैं (चित्र 8.9)।

*चित्र 8.9 : बंदूक का प्रतिक्षेप।*

**उदाहरण 8.4**

किसी राइफल का द्रव्यमान 3 kg है। उससे 0.03 kg द्रव्यमान की गोली चलाई जाती है। गोली राइफल से 100 m/s के वेग से बाहर निकलती है। यदि गोली की नाल से होकर बाहर निकलने में 0.003 सेकंड का समय लेती है तो राइफल पर प्रतिक्षेप के कारण लगने वाले बल की गणना कीजिए।

**हल**

दिया है, $m_1 = 3$ kg; $m_2 = 0.03$ kg;

$u_1 = u_2 = 0$; $v_1 = ?$ $v_2 = 100$ m/s

संवेग संरक्षण के नियम के अनुसार,

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

दिए गए मान रखने पर,

$$0 + 0 = 3 \times v_1 + 100\,(0.03)$$

$$\text{या} \quad v_1 = -\frac{100\ \text{m/s} \times 0.03\ \text{kg}}{3\ \text{kg}}$$

$$= -1\ \text{m/s}$$

ऋण चिह्न प्रदर्शित करता है कि राइफल गोली की विपरीत दिशा में गति करेगी। राइफल का प्रारम्भिक संवेग = 0 और अन्तिम संवेग (3) × (−1) kg m/s है तथा संवेग में यह परिवर्तन 0.003 s में होता है। अतः संवेग परिवर्तन की दर या राइफल के प्रतिक्षेप के कारण लगा बल,

$$F = \frac{-3\ \text{kg m/s}}{0.003\ \text{s}}$$

$$= -1000\ \text{kg m/s}^2$$

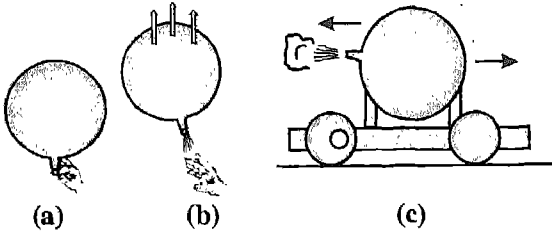
$$= -1000\ \text{N}$$

अतः राइफल से गोली चलाने वाले व्यक्ति पर 1000 N के बल का धक्का पीछे की ओर लगेगा।

निम्नलिखित क्रियाकलाप से हम इसी प्रकार की घटना को देख सकते हैं।

**क्रियाकलाप 8.5**

किसी गुब्बारे के मुँह पर बॉल पाइंट पैन के खाली रिफिल का एक टुकड़ा या पतली प्लास्टिक की नली को कसकर बाँध लें और गुब्बारे को फुला लें। अपनी अँगुली से नली को बंद कर दें ताकि हवा न निकल सके [चित्र 8.10 (a)]। अँगुली हटाकर हवा को निकलने दें [चित्र 8.10 (b)]। गुब्बारा किस दिशा में भागता है ? क्या यह हवा के निकलने की विपरीत दिशा में जाता है? इस क्रियाकलाप में आप फुलाए हुए गुब्बारे को, हवा निकलने से पहले, किसी खिलौना कार या ट्रॉली से बाँध दें। आप देखेंगे कि खिलौना कार हवा निकलने की दिशा की विपरीत दिशा में चलती है। जैट इंजन तथा रॉकेट की कार्यविधि का यही मूल सिद्धांत है। जैट इंजनों में ईंधन के ज्वलन से उत्पन्न गैसों की बहुत बड़ी मात्रा एक

जैट से पीछे की ओर बाहर निकलती है और परिणामस्वरूप जैट विमान इसकी विपरीत दिशा में अर्थात् आगे की ओर चलता है।

*चित्र 8.10 : a, b, c*

संवेग संरक्षण का नियम विज्ञान का सबसे अधिक मौलिक नियम है। इसका बिना अपवाद के सभी भौतिक स्थितियों में पालन होता है। यह नियम नाभिकीय विखंडन व परमाण्वीय व उपपरमाण्वीय कणों की टक्कर जैसे प्रक्रमों का विश्लेषण करने के लिए लाभदायक पाया गया है।

**प्रश्न**

1. एक-से दो ट्रक सड़क पर समान वेग से चल रहे हैं। उनमें से एक खाली है और दूसरा बोझ से लदा हुआ है। किस ट्रक को रोकने के लिए अधिक बल की आवश्यकता होगी ?
2. दीवार और किसी स्पंज के टुकड़े पर लगभग बराबर बल से हाथ से मारकर उन्हें पीटने का प्रयत्न कीजिए। यह समझाइए कि किस स्थिति में अधिक चोट लगेगी।
3. यदि क्रिया सदैव प्रतिक्रिया के बराबर होती है तो स्पष्ट कीजिए कि घोड़े द्वारा खींची गई गाड़ी आगे की ओर कैसे चलती है ?
4. यदि 10 kg द्रव्यमान का लोहे का कोई गोला 0.8 m की उँचाई से फर्श पर गिरे तो वह फर्श को कितना संवेग स्थानांतरित करेगा ? गोले का नीचे की ओर त्वरण 10 $m/s^2$ लीजिए।
5. 1000 kg द्रव्यमान की किसी कार को तथा 10,000 kg से लदे हुए किसी ट्रक को 2 सेकंड में रोकने के लिए क्रमशः कितने बल की आवश्यकता होगी यदि दोनों 5 m/s के वेग से गतिशील हों ?

## 8.6 घर्षण

क्रियाकलाप 8.1 में हमने देखा कि काँच की गोली का प्रारंभिक वेग समान होने पर भी वह भिन्न प्रकार की सतहों पर भिन्न-भिन्न दूरी तय करती है। यह एक सामान्य अनुभव है कि भूमि अथवा तल पर लुढ़कती हुई बॉल का वेग धीरे-धीरे कम होता जाता है और अंत में वह रुक जाती है। न्यूटन के पहले नियम के अनुसार वेग में परिवर्तन तभी होता है जब वस्तु पर कोई बल लगता है। कौन-सा बल है जो बॉल की गति को कम करता है ? यह बल उत्पन्न कैसे होता है ? आइए, इन प्रश्नों का उत्तर प्राप्त करने का प्रयत्न करें।

पिछले किसी अवसर पर हमने कहा था कि बॉल की गति में इस परिवर्तन का कारण घर्षण है। आप घर्षण से परिचित हैं जिसके बारे में आप पिछली कक्षाओं में पढ़ चुके हैं। यह एक बल है और जब कभी कोई वस्तु किसी वस्तु या सतह पर गति करती है (या चलती है) तो यह बल उत्पन्न हो जाता है। घर्षण बल, सदैव गति की दिशा की विपरीत दिशा में लगता है।

हम जानते हैं कि ऊबड़-खाबड़ या खुरदरी सड़क की अपेक्षा कंक्रीट की सड़क पर साइकिल चलाना अधिक आसान होता है। इसी प्रकार, किसी खुरदरी सतह की अपेक्षा, काँच की पट्टी के समान चिकनी सतह पर कोई गेंद अधिक दूरी तक चलेगी। क्रियाकलाप 8.1 में देख चुके हैं कि रेत की तुलना में, काँच की पट्टिका पर कम घर्षण होता है। अतः ऐसा लगता है कि जो दो सतहें संपर्क में होती हैं उनकी असमता व रुक्षता अथवा खुरदरेपन का घर्षण से निकट संबंध है। सतहों का चिकना होना एक कारक है जिस पर घर्षण निर्भर करता है।

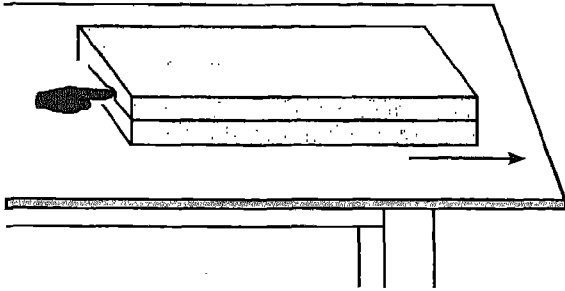
किंतु, घर्षण को शून्य नहीं किया जा सकता, भले ही सतह कितनी ही चिकनी क्यों न हो। इसका कारण यह है कि जो सतह हमें आँख से बहुत चिकनी दिखाई पड़ती है, हो सकता है कि वह शक्तिशाली सूक्ष्मदर्शी से देखने पर वास्तव में इतनी चिकनी न हो। हो सकता है कि बहुत चिकनी सतह भी अति सूक्ष्म उभारों व गर्तों से भरी पड़ी हो। अतः हमें घर्षण को सहन करना ही पड़ेगा, जिसका अस्तित्व प्रत्येक परिस्थिति में बना रहता है।

*चित्र 8.11 : चिकनी प्रतीत होने वाली किसी सतह का विवर्धित दृश्य।*

किसी वस्तु के वायु में गति करने में भी घर्षण उत्पन्न होता है। आप स्वयं इसका अनुभव कर सकते हैं। कागज़ का एक पन्ना लीजिए और इसको कुछ ऊँचाई पर फैलाकर सपाट रखकर गिरने दीजिए और इसके फर्श तक नीचे पहुँचने का समय नोट कीजिए। इस क्रियाकलाप को करते समय सुनिश्चित कर लीजिए कि कमरे की वायु में वायु-धाराएँ न हों। फिर इस कागज़ को मोड़कर एक गोला-सा बना लें और इसको उसी ऊँचाई से गिरने दें। क्या यह फर्श तक पहुँचने में उतना ही समय लेता है, जितना पहले लिया था ? इसका कारण यह है कि वायु का घर्षण पहली स्थिति में दूसरी स्थिति की अपेक्षा अधिक है।

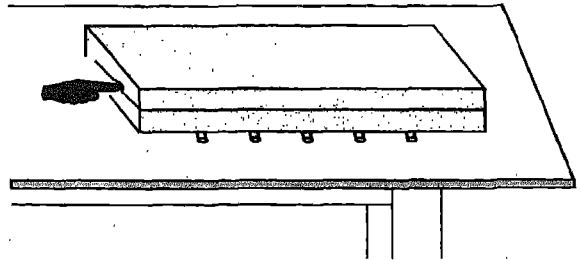
दो वस्तुओं की सतहों के बीच घर्षण-बल इस पर निर्भर करता है कि वस्तुएँ एक दूसरे पर किस प्रकार गति करती हैं।

**क्रियाकलाप 8.6**

लकड़ी का कोई ब्लॉक या ईट को मेज पर रखिए। अपनी अँगुली से ईट को धकेलने का प्रयत्न कीजिए (चित्र 8.12)। थोड़ा-सा बल लगाकर इसे धकेलिए। हो सकता है यह बिल्कुल न हिले। क्रमशः ईट पर बल इतना बढ़ाइए ताकि वह गति करना प्रारम्भ कर दे। नोट कीजिए कि ईट को गतिमान करने के लिए कुछ न्यूनतम बल आवश्यक है।

*चित्र 8.12 : किसी ईंट को खिसकाने के लिए अँगुली से आरोपित बल।*

आपने देखा कि थोड़ा-सा बल ईट को नहीं खिसका पाया अर्थात् वह बल घर्षण को निष्प्रभावी करने के लिए पर्याप्त नहीं था। क्योंकि ईट खिसकी नहीं, अतः ईट पर लगाया गया बल व इस पर लगा घर्षण बल दोनों आपस में संतुलित थे। अतः इस स्थिति में घर्षण बल, लगाए गए बल के बराबर व विपरीत होना चाहिए। जैसे-जैसे ईट पर लगाया गया बल बढ़ाया जाता है, घर्षण बल भी साथ-साथ बढ़ता जाता है और एक सीमा पर सदैव लगाए गए बल के बराबर होता है। ज्यों ही लगाए गए बल को एक सीमा से अधिक बढ़ाया जाता है, ईट खिसकने लगती है। उस बल का परिमाण जो ईंट को खिसकाने मात्र के लिए पर्याप्त है (अर्थात् न इससे अधिक है न कम) **सीमांत घर्षण** कहलाता है।

जब कोई वस्तु किसी दूसरी वस्तु के ऊपर खिसकती है तो उन दोनों के बीच के घर्षण को **सर्पी घर्षण** कहते हैं। वस्तु पर लगाए गए बल को हटा लेने के बाद भी घर्षण बल क्रिया करता रहता है (यह तब तक क्रिया करता रहता है जब तक दो वस्तुओं के बीच सापेक्ष गति होती है)। परिणामस्वरूप वस्तु का वेग कम होता जाता है और यह अंत में विराम अवस्था में आ जाती है। जैसा कि हमने क्रियाकलाप 8.1 में, काँच की गोलियों को विभिन्न प्रकार की सतहों पर लुढ़क कर अंततः रुकते देखा था। तथापि, गोलियों को एकसमान वेग से चलाने के लिए एक बल लगाना पड़ता है, जो घर्षण बल को संतुलित करता है। इस प्रकार की घटना में गोली पर लगने वाला नैट बल शून्य होगा, जैसा कि गति के पहले नियम के अनुसार होना चाहिए। घर्षण बल को वस्तु पर आरोपित बल से मापा जा सकता है।

अब उसी ईंट को जिसे हमने क्रियाकलाप 8.6 में लिया था, तीन या चार बेलनाकार रोलरों जैसे पैंसिलों, पर रखिए (चित्र 8.13)। क्रियाकलाप 8.6 की भाँति, ईट को अपनी अँगुली से धकेलिए। आप पाएँगे कि इस बार ईट को खिसकाना आसान है। रोलरों पर गति करने वाली वस्तुओं की स्थिति में घर्षण को **लोटनिक घर्षण** कहते हैं। एक ही वस्तु के लिए इसका मान सदैव सर्पी घर्षण से कम होता है। यही कारण है कि मशीनों में पहियों और रोलरों का उपयोग किया जाता है।

*चित्र 8.13 : रोलरों के ऊपर रखी ईंट को धकेलने के लिए अपेक्षाकृत कम बल की आवश्यकता होती है।*

जब कोई वस्तु किसी द्रव या गैस में गति करती है तो उस पर घर्षण बल लगता है। यद्यपि यह घर्षण बल ठोस सतहों की तुलना में बहुत कम होता है। सामान्यतः हम वायु के घर्षण के प्रभाव का अनुभव नहीं करते। किंतु यदि वस्तु बहुत तीव्र वेग से चल रही हो तो वायु के घर्षण की अवहेलना नहीं की जा सकती। वायु के घर्षण का एक अद्भुत व रोचक उदाहरण उल्काएँ हैं। उल्काएँ वास्तव में पत्थर के समान पिंड होती हैं, जो अंतरिक्ष से पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश कर जाती हैं। क्योंकि, उनका वेग बहुत अधिक होता है इसलिए वायु के घर्षण के कारण उत्पन्न ऊष्मा इतनी अधिक होती है और वे इतने अधिक तप्त हो जाते हैं कि चमकने लगते हैं और अधिकतर पृथ्वी की सतह तक पहुँचने से पहले वाष्पित हो जाते हैं। केवल बहुत बड़ी उल्का ही पृथ्वी की सतह तक पहुँच पाती हैं। जो उल्का पृथ्वी की सतह तक पहुँच जाती हैं, उसे उल्कापिंड कहते हैं।

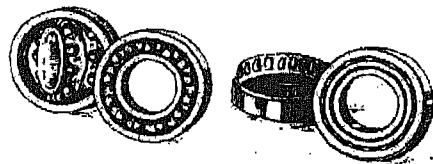
सभी मोटरगाड़ियों, वायुयानों और अंतरिक्षयानों में घर्षण का प्रभाव कम करने के लिए उन्हें विशेष डिज़ाइन का बनाया जाता है। सभी पक्षियों के शरीर का आकार इस प्रकार का होता है कि उन्हें उड़ते हुए न्यूनतम घर्षण का अनुभव हो।

इसी प्रकार, पानी के कारण घर्षण नावों व जहाजों की गति के लिए महत्त्वपूर्ण है क्योंकि पानी के कारण घर्षण, दो ठोस सतहों की तुलना में बहुत कम होता है। इस कारण नावों व जहाजों में ब्रेक लगाना कठिन हो जाता है। जहाजों को रोकने के लिए इंजनों को विपरीत दिशा में चलाया जाता है। इसी प्रकार, चलती हुई नावों को रोकने के लिए, पतवारों को विपरीत दिशा में चलाया जाता है। मछलियों व अन्य समुद्री जंतुओं के शरीर की आकृति इस प्रकार की होती है कि वह पानी में गति करने पर न्यूनतम घर्षण का अनुभव करें। पानी के कारण घर्षण कम होता है किंतु वायु के कारण यह और भी कम होता है। यही कारण है कि होवर क्राफ्ट का आविष्कार किया गया जो पानी की सतह से थोड़ा-सा ऊपर चलते हैं। ये नावों तथा जहाजों से भी कम घर्षण का अनुभव करते हैं, अतः होवर क्राफ्ट अधिक तीव्र गति से चल सकते हैं।

### 8.6.1 घर्षण का नियंत्रण

घर्षण बल सदैव दो सतहों के बीच गति का विरोध करता है। चलती हुई वस्तु को त्वरित करना हो अथवा रोकना हो, यह बल अवश्य उपस्थित होगा। घर्षण अधिकतर हानिकारक और असुविधाजनक है। मशीनों के गतिमान पुर्जे घर्षण के कारण घिस जाते हैं। घर्षण से ये पुर्जे गरम हो जाते हैं, जिससे इन पुर्जों को क्षति हो सकती है। घर्षण से उत्पन्न ऊष्मा को प्रायः गतिमान भागों के चारों ओर पानी प्रवाहित कर हटाया जाता है। गतिमान पुर्जों के बीच घर्षण के निराकरण के लिए आवश्यक बल लगाना पड़ता है, जिसके कारण मशीनों को चलाने में ऊर्जा की अधिक खपत होती है।

तथापि कुछ स्थितियों में घर्षण बल हमारे लिए लाभदायक भी हैं। आइए, देखें, कैसे ? क्या आप कभी बर्फ पर या रोलर स्केट्स पर चले हैं ? आपने स्वयं को संतुलित रखने में कठिनाई का अनुभव किया होगा। इसका कारण यह है कि इन स्थितियों में घर्षण बहुत कम हो जाता है। वास्तव में घर्षण से उत्पन्न बल हमें फिसलने से रोकता है और हमें चलने में सहायता करता है। यदि घर्षण न होता तो चलना व दौड़ना असंभव होता। वास्तव में घर्षण बल न होने पर किसी वस्तु की गति को नियंत्रित करना असंभव होता। घर्षण के बिना पैन या चॉक से लिखना भी संभव न होता। कुछ स्थितियों में घर्षण में थोड़ी-सी कमी समस्या उत्पन्न कर सकती है। उदाहरण के लिए, गीली कीचड़ वाली अथवा दलदली सड़क पर चलना कठिन होता है।

कुछ सीमा तक हम घर्षण को नियंत्रित कर सकते हैं। हम जानते हैं कि चिकनी सतहों में घर्षण कम होता है। अतः मशीनों के गतिमान भाग बहुत चिकने बनाए जाते हैं। वायु के कारण घर्षण को कम करने के लिए मोटर वाहन और वायुयान विशेष डिज़ाइन के बनाए जाते हैं। घर्षण कम करने की एक और विधि है पहियों और रोलरों का प्रयोग करना। क्योंकि लोटनिक घर्षण, सर्पी घर्षण से सदैव कम होता है। घर्षण कम करने के लिए मशीनों में प्रायः बॉल बियरिंगों का उपयोग किया जाता है। बॉल बियरिंग में छोटी-छोटी धातु की गोलियाँ होती हैं जो मशीन की सर्पी सतहों के बीच डाल दी जाती हैं (चित्र 8.14)। आपने इन्हें साइकिल के पहियों में लगा

*चित्र 8.14 : घर्षण कम करने के लिए बॉल बियरिंग व रोलर बियरिंग का उपयोग।*

देखा होगा। ये घर्षण को कम कर देते हैं जिससे हमें ऊर्जा व श्रम की बचत होती है।

ऊपर सुझाई गई विधियों के अतिरिक्त, कुछ विशेष प्रकार के पदार्थ भी घर्षण कम करने के काम में लाए जाते हैं, इन पदार्थों को **स्नेहक** कहते हैं। स्नेहक, ठोस द्रव या गैसीय अवस्था में हो सकते हैं। स्नेहक, घर्षण को कैसे कम करते हैं ? सरसों के तेल की एक बूँद अपनी दो अँगुलियों के बीच रखिए और अनुभव कीजिए कि ये एक दूसरे के ऊपर किस आसानी से फिसलती हैं। जब किसी स्नेहक को दो गतिमान सतहों के बीच में उपयोग किया जाता है तो स्नेहक के कण उन सतहों के असमान भागों के बीच में चले जाते हैं और दोनों के बीच अपनी एक पतली परत बना लेते हैं। परिणामस्वरूप, गति वास्तव में स्नेहक की दो परतों के बीच होती है, जो अपेक्षाकृत अधिक चिकनी होती है। इसी प्रकार कैरमबोर्ड पर छिड़का हुआ पाउडर भी स्नेहक का काम करता है। कैरमबोर्ड और गोटियों के गर्त पाउडर से भर जाते हैं। इससे कैरमबोर्ड, स्ट्राइकर व गोटियों के बीच घर्षण कम हो जाता है।

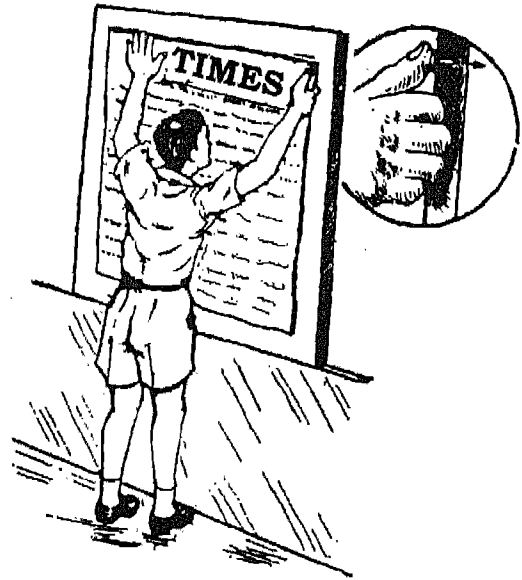
कई स्थितियों में घर्षण को बढ़ाने की आवश्यकता होती है। यह प्रायः सतहों की रुक्षता या खुरदरापन बढ़ाकर किया जाता है। उदाहरण के लिए, घर्षण बढ़ाने के लिए माचिस की डिब्बी व तीलियों को जानबूझकर रुक्ष बनाया जाता है। क्या आप इसका संबंध घर्षण द्वारा ऊष्मा के उत्पन्न होने से जोड़ सकते हैं ? वाहनों के टायर घर्षण बढ़ाने के लिए खुरदरे या वलीयित बनाए जाते हैं। अधिक घर्षण से वाहनों की सड़कों पर पकड़ बढ़ जाती है जो उन्हें फिसलने से रोकती है।

**प्रश्न**

1. जब कभी अचानक हमारा पैर केले के छिलके पर पड़ जाता है तो हमारे लिए अपने शरीर का संतुलन बनाए रखना कठिन क्यों हो जाता है ?
2. स्पष्ट कीजिए कि जूतों के तले क्यों घिस जाते हैं ?
3. रेत की दलदल या बालुपंक बहुत चिकने व छोटे रेत के कणों से बनता है। यदि कोई व्यक्ति या भारी जंतु रेगिस्तान में ऐसे स्थान पर चला जाए तो क्या हो सकता है ?

## 8.7 प्रणोद व दाब

अभी तक हमने किसी वस्तु के एक बिंदु पर लगने वाले बलों की चर्चा की है। आइए, अब हम किसी क्षेत्र पर लगने वाले बलों पर विचार करें। मान लीजिए आपको किसी बुलेटिन बोर्ड पर चार्ट लगाना है। इसके लिए आपको पिनों को अपने अंगूठे से दबाना होगा (चित्र 8.15)। जब आप ड्राइंग पिन लगाते हैं तो आप इसके शीर्ष (चपटे भाग) के क्षेत्रफल पर बल लगाते हैं। यह बल बोर्ड की पृष्ठ (सतह) के लंबवत् होता है। इसी प्रकार, जब आप साइकिल में हवा भरने के लिए पंप के हैंडिल को दबाते हैं तो आप इसके पिस्टन के पूरे क्षेत्रफल पर बल लगाते हैं। किसी वस्तु की सतह के लंबवत् लगने वाले बल को **प्रणोद** कहते हैं।

आइए, हम किसी सतह पर लगने वाले प्रणोद के प्रभाव का अध्ययन करें। किसी ड्राइंग पिन को धीरे से अपनी हथेली पर दबाइए, पहले उसके शीर्ष (चपटे भाग) से व फिर नुकीले भाग से। क्या आप दोनों स्थितियों में कुछ अंतर अनुभव करते हैं। बराबर परिमाण के दो बलों द्वारा भिन्न-भिन्न प्रभावों की व्याख्या आप कैसे करेंगे ?

*चित्र 8.15 : बोर्ड में पोस्टर लगाने के लिए ड्रॉइंग पिन पर अंगूठे से लंबवत् बल लगाना।*

प्रणोद के प्रभाव को अनुभव करने के लिए किसी एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाले प्रणोद का ज्ञान लाभदायक

होगा। एकांक क्षेत्रफल पर प्रणोद को **दाब** कहते हैं। इस प्रकार

$$\text{दाब} = \frac{\text{प्रणोद}}{\text{क्षेत्रफल}}$$

प्रणोद का SI मात्रक वही है जो बल का है अर्थात् न्यूटन (N) और क्षेत्रफल का मात्रक वर्गमीटर ($m^2$) है। अतः दाब का SI मात्रक न्यूटन प्रति वर्गमीटर या $N/m^2$ है। इस मात्रक का नाम, वैज्ञानिक ब्लैस पास्कल (1623-1662) के सम्मान में, पास्कल (Pa) रखा गया है। इस मात्रक की परिमाप अति अल्प है; अतः दाब को प्रायः किलो पास्कल (kPa) में व्यक्त किया जाता है।

चाकू, कुल्हाड़ी, पिन, कीलों आदि औज़ारों द्वारा बल (प्रणोद) का प्रभाव बढ़ाने के लिए उस क्षेत्रफल को कम किया जाता है जिस पर ये क्रिया करते हैं क्योंकि

$$\text{दाब} = \frac{\text{प्रणोद}}{\text{क्षेत्रफल}}$$

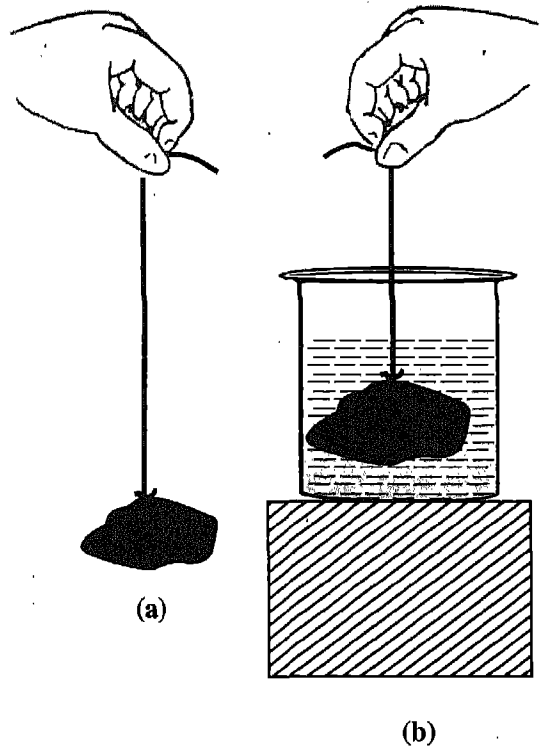
अतः क्षेत्रफल कम होने से दाब बढ़ जाएगा। उसी प्रणोद या बल के लिए, जितना कम क्षेत्रफल होगा, दाब उतना ही अधिक होगा। कई स्थितियों में बल के प्रभाव को कम करने की भी आवश्यकता होती है (वहाँ क्षेत्रफल को अधिक होना चाहिए)। उदाहरण के लिए, भवनों व बाधों की नींव, अधिक क्षेत्रफल पर बनाई जाती है। इसी प्रकार, भारी सामान ले जाने वाले वाहनों में अतिरिक्त टायर लगाए जाते हैं।

## 8.8 आर्किमिडीज का नियम

यह सामान्य अनुभव है कि यदि पानी से भरा मग, बाल्टी में भरे पानी की सतह से बाहर निकाला जाए तो वह अधिक भारी लगता है (जबकि यही मग, पानी के अंदर कम भारी लगता है)। व्यापक रूप से, जब भी कोई वस्तु किसी द्रव में डुबोई जाती है, उसके भार में कुछ कमी प्रतीत होती है। द्रव में डुबोने पर किसी वस्तु के भार में होने वाली आभासी कमी को समझने के लिए एक क्रियाकलाप करें।

**क्रियाकलाप 8.7**

किसी पत्थर के टुकड़े को किसी रबड़ की डोरी या कमानीदार तुला से लटकाएँ, जैसा चित्र 8.16 (a) में दिखाया गया है। पत्थर के भार के कारण रबड़ की डोरी की लंबाई में वृद्धि या कमानीदार तुला की माप नोट कर लें। अब पत्थर को पानी में धीमे से डुबोएँ [चित्र 8.16 (b)]। नोट कीजिए कि डोरी की लंबाई में या तुला की माप में क्या परिवर्तन होता है।

आप देखेंगे कि ज्यों-ज्यों पत्थर पानी में डूबता जाता है, डोरी की लंबाई में हुए परिवर्तन या तुला की माप में भी धीरे-धीरे कमी आती जाती है। और, जब पत्थर पानी में पूरी तरह डूब जाता है तो उसके बाद कोई परिवर्तन नहीं होता। डोरी के प्रसार या तुला की माप में कमी से आप क्या अनुमान लगाते हैं ?

*चित्र 8.16 (a) तथा (b) : रबड़ की डोरी से बँधे पत्थर को पूर्णतः डुबाने पर डोरी के प्रसार में कमी आना।*

हम जानते हैं कि डोरी की लंबाई में परिवर्तन अथवा तुला की माप में वृद्धि, पत्थर के भार के कारण होती है जो ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर कार्य करता है। क्योंकि पत्थर को पानी में डुबोने पर इन दोनों (वृद्धियों) में कमी आ जाती है, इसका तात्पर्य यह है कि पत्थर पर ऊपर की ओर कोई बल लगता है जिससे डोरी या तुला की कमानी पर लगने वाला नैट बल कम हो जाता है। अतः डोरी की लंबाई में वृद्धि या तुला की माप में कमी आ जाती है।

पानी द्वारा ऊपर की ओर लगाया गया यह बल, **उत्प्लावन बल** कहलाता है। वास्तव में, सभी वस्तुएँ किसी तरल (द्रव या गैस) में डुबाने पर उत्प्लावन बल का अनुभव करती हैं।

किसी वस्तु पर लगने वाले उत्प्लावन बल का परिमाण कितना होता है ? क्या किसी एक ही वस्तु के लिए यह सभी तरलों में समान होता है ? या क्या किसी दिए गए द्रव में, सभी वस्तुएँ समान उत्प्लावन बल का अनुभव करती है ? इन प्रश्नों का उत्तर आर्किमिडीज़ के नियम द्वारा प्राप्त होता है, जिसको इस प्रकार व्यक्त किया जाता है।

***जब किसी वस्तु को किसी तरल में पूर्ण या आंशिक रूप से डुबाया जाता है तो उस पर ऊपर की ओर एक बल लगता है, जो वस्तु द्वारा हटाए गए तरल के भार के बराबर होता है।***

क्या अब आप स्पष्ट कर सकते हैं कि क्रियाकलाप 8.7 में पत्थर के पानी में पूरी तरह डूबने के बाद डोरी के प्रसार में या तुला की माप में और कमी क्यों नहीं हुई थी ?

आर्किमिडीज़ के नियम के बहुत से अनुपयोग हैं। यह जलयानों व पनडुब्बियों के डिज़ाइन बनाने में काम आता है। दुग्धमापी, जो दूध के किसी नमूने की शुद्धता की जाँच करने के काम आता है; तथा हाइड्रोमीटर, जो द्रवों के घनत्व मापने के काम में आता है, इसी नियम पर आधारित हैं।

## 8.9 आपेक्षिक घनत्व

पिछली कक्षाओं में हम पढ़ चुके हैं कि किसी वस्तु का घनत्व, उसके एकांक आयतन के द्रव्यमान को कहते हैं। घनत्व का SI मात्रक किलोग्राम प्रति घनमीटर है ($kg/m^3$)। विशिष्ट परिस्थितियों में किसी पदार्थ का घनत्व सदैव समान रहता है। अतएव, किसी पदार्थ का घनत्व उसका एक लाक्षणिक गुण होता है। यह भिन्न-भिन्न पदार्थों के लिए भिन्न-भिन्न होता है। उदाहरण के लिए, सोने का घनत्व 19300 $kg/m^3$ जबकि पानी का 1000 $kg/m^3$ है। किसी पदार्थ के नमूने का घनत्व, उस पदार्थ की शुद्धता की जाँच में सहायता करता है।

प्रायः किसी पदार्थ के घनत्व को पानी के घनत्व की तुलना में व्यक्त करना सुविधाजनक होता है। किसी पदार्थ का **आपेक्षिक घनत्व** उस पदार्थ का घनत्व व पानी के घनत्व का अनुपात है। अर्थात्

$$\text{आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{किसी पदार्थ का घनत्व}}{\text{पानी का घनत्व}}$$

क्योंकि, आपेक्षिक घनत्व, एक अनुपात है, अतः इसका कोई मात्रक नहीं होता।

सोने का आपेक्षिक घनत्व 19.3 है। यदि किसी ठोस या द्रव का आपेक्षिक घनत्व 1 से अधिक हो तो वह पानी में डूब जाएगा। यदि पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व 1 से कम है तो इसका तात्पर्य है कि वह पदार्थ पानी में तैरेगा।

● ● ●

## आपने क्या सीखा

▶ *गति का प्रथम नियम :*

- वस्तु अपनी विराम अवस्था अथवा सरल रेखा के अनुरूप एकसमान गति की अवस्था में तब तक बनी रहती है, जब तक कि उस पर कोई असंतुलित बल कार्य न करे।
- वस्तुओं द्वारा अपनी गति की अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करने की प्रवृत्ति को जड़त्व कहते हैं।
- किसी वस्तु का द्रव्यमान उसके जड़त्व की माप है।

▶ *गति का द्वितीय नियम :*

- वस्तु का संवेग उसके द्रव्यमान व वेग का गुणनफल होता है और इसकी दिशा वही होती है जो वस्तु के वेग की है।
- संवेग परिवर्तन की दर, वस्तु पर लगने वाले बल के समानुपाती होती है।
- किसी वस्तु में उत्पन्न त्वरण, उस पर लगे बल के समानुपाती होता है।

- बल का मात्रक न्यूटन (N) है। एक न्यूटन उस बल के तुल्य है जो 1kg द्रव्यमान की किसी वस्तु में $1 m/s^2$ का त्वरण उत्पन्न करे।

- ***गति का तृतीय नियम :***

- प्रत्येक क्रिया के लिए उसके बराबर व विपरीत प्रतिक्रिया होती है और यह दो भिन्न-भिन्न वस्तुओं पर कार्य करती है।

- किसी विलगित निकाय का कुल संवेग संरक्षित रहता है।

- घर्षण बल सदैव वस्तु की गति का प्रतिरोध करता है।

- सभी ठोस सतहें उनके संपर्क में गतिशील वस्तुओं पर घर्षण बल आरोपित करती हैं।

- सभी द्रव व गैसीय सतहें, उन पर या उनसे होकर जाने वाली वस्तुओं पर घर्षण बल आरोपित करती हैं।

- घर्षण उन दो सतहों के चिकनेपन अथवा खुरदरेपन पर निर्भर करता है जो परस्पर संपर्क में हैं।

- किसी दी हुई वस्तु के लिए सर्पी घर्षण सदैव लोटनिक घर्षण से अधिक होता है।

- घर्षण के अवांछनीय प्रभावों को कुछ सीमा तक नियंत्रित किया जा सकता है।

- एकांक क्षेत्रफल पर लगे प्रणोद को दाब कहते हैं।

- दाब का मात्रक पास्कल है।

- आर्किमिडीज़ के नियम के अनुसार–जब किसी वस्तु को पूर्ण या आंशिक रूप से किसी तरल में डुबोया जाता है तो उस पर ऊपर की ओर एक बल लगता है, जो वस्तु द्वारा हटाए गए तरल के भार के बराबर होता है।

- किसी पदार्थ का घनत्व उसके लाक्षणिक गुणों में से एक गुण है।

- किसी पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व, उसके घनत्व तथा पानी के घनत्व का अनुपात है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. यदि किसी पेड़ की शाखाओं को जोर-जोर से हिलाया जाए तो उससे कुछ पत्तियाँ गिर सकती हैं। इसका कारण स्पष्ट कीजिए।
2. तेल टैंकरों को भरते समय उनके ऊपर कुछ खाली स्थान क्यों छोड़ दिया जाता है ?
3. बसों अथवा कारों की छतों पर रखे सामान को रस्सी से बाँधना बुद्धिमानी क्यों है ?
4. 70 g द्रव्यमान की क्रिकेट की कोई गेंद 0.5 m/s के वेग से गतिमान है। क्रिकेट का कोई खिलाड़ी इसे 0.5 s में रोक लेता है। खिलाड़ी द्वारा बॉल को रोकने के लिए लगाए गए बल की गणना कीजिए ?
5. 40 km / h के वेग से चलती हुई 1000 kg द्रव्यमान की कोई कार एक पेड़ से टकराकर 5 s में रुक जाती है। कार द्वारा पेड़ पर कितना बल लगाया गया ?
6. यदि 5 kg द्रव्यमान की वस्तु पर 200 N का बल लगाया जाए तो वस्तु में उत्पन्न त्वरण कितना होगा ?
7. 10 g द्रव्यमान की कोई गोली 0.0035 सेकंड में किसी राइफल की नाल से होकर 300 m/s के वेग से बाहर निकलती है। राइफल द्वारा गोली पर कितना बल लगाया गया ?
8. यदि कोई व्यक्ति नाव से किनारे पर कूदे तो नाव विपरीत दिशा में चली जाती है, क्यों ? स्पष्ट कीजिए।
9. तीव्र वेग से गतिशील किसी कंकड़ के लगने से खिड़की का काँच टूट जाता है, क्यों ?

10. यदि फायर ब्रिगेड के किसी पाइप से तीव्र गति से अत्यधिक मात्रा व उच्च वेग से पानी निकल रहा हो तो अग्निशमन कर्मचारियों के लिए, उस पाइप को सँभालना क्यों कठिन होता है ? स्पष्ट कीजिए।

11. बोझ से लदा कोई ट्रक तथा कार बराबर परिमाण $v$ के वेग से एक दूसरे के विपरीत गतिशील हैं जबकि उनमें आमने-सामने की टक्कर होती है और फलस्वरूप दोनों ही विराम अवस्था में आ जाते हैं। यदि टक्कर 10 s तक रही तो,

    (अ) दोनों में से किस पर प्रतिघात का अधिक बल लगेगा ?

    (ब) किस वाहन के संवेग में अधिक परिवर्तन हुआ ?

    (स) किस वाहन में अधिक त्वरण उत्पन्न हुआ ?

    (द) कार को ट्रक की अपेक्षा अधिक क्षति होने की संभावना क्यों है ?

12. अमर, जावेद और रीता किसी राजमार्ग पर बहुत तीव्र वेग से चलती हुई बस में बैठे थे कि अचानक उड़ता हुआ कोई टिड्डा, बस के सामने के शीशे से आ टकराया और उसका मृत शरीर शीशे से चिपका रह गया। अमर और जावेद इस स्थिति पर विवाद करने लगे। अमर का मानना था कि टिड्डे के संवेग में परिवर्तन बस की अपेक्षा बहुत अधिक है। उसका तर्क था कि, टिड्डे के वेग में हुए स्पष्ट परिवर्तन की तुलना में, बस के वेग में कोई उल्लेखनीय परिवर्तन नहीं हुआ। जावेद का विचार था कि बस का वेग बहुत अधिक था, अतः बस से टिड्डे पर बहुत अधिक बल लगाया गया जिससे वह मर गया। रीता इन दोनों के विचारों से असहमत थी। उसने तर्क दिया कि बस व टिड्डे दोनों पर समान बल लगा व दोनों के संवेग में बराबर परिवर्तन हुआ। आप किसके विचार से सहमत हैं ? अपने उत्तर के लिए कारण लिखिए।

13. पानी से भरा मग, पानी के भीतर हल्का क्यों लगता है ?

14. किसी 500 g के सील किए हुए टिन (या डिब्बे) का आयतन 350 $cm^3$ है। इस सील किए टिन का घनत्व कितना है ? यह पानी में डूबेगा या तैरेगा ? इस टिन के द्वारा हटाए गए पानी का भार कितना होगा ?

15. प्रश्न 14 में सील किए गए टिन का आपेक्षिक घनत्व कितना होगा ?

अध्याय

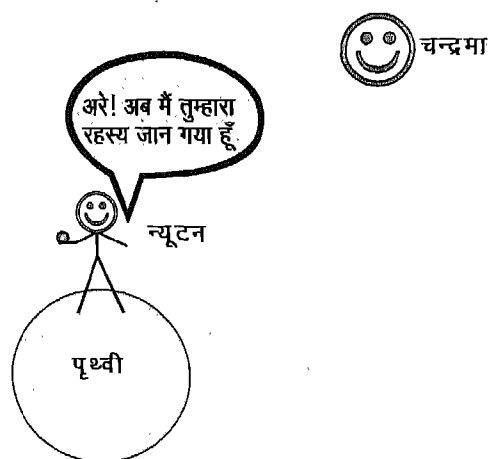
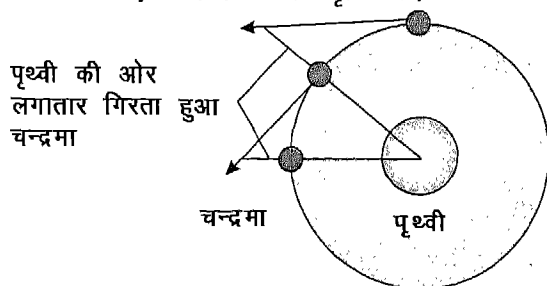
# गुरुत्वाकर्षण (Gravitation)

**पि**छले दो अध्यायों में आप बल व गति तथा इन दोनों के बीच संबंध के बारे में पढ़ चुके हैं। आपको बताया गया है कि न्यूटन के गति के प्रथम नियम के अनुसार किसी वस्तु की गति की अवस्था में तब तक परिवर्तन नहीं हो सकता जब तक उस पर कोई नेट बल कार्य न करे। तथापि, हम हमेशा वस्तुओं को पृथ्वी की ओर गिरते हुए देखते ही रहते हैं। अवश्य ही यह किसी बल के कारण होना चाहिए। सत्रहवीं शताब्दी के वैज्ञानिक, जैसे कि गैलीलिओ गैलिली (1564-1642), संभवतः यह जानते थे कि वस्तुएँ इसलिए गिरती हैं कि वे पृथ्वी के कारण एक आकर्षण बल का अनुभव करती हैं। किन्तु, उन्हें इस बारे में कुछ भी ज्ञान नहीं था कि क्या यह वही बल है जो चंद्रमा व ग्रहों को अपनी–अपनी कक्षाओं में बनाए रखने के लिए उत्तरदायी है। न्यूटन की महानता इसी बात में है कि वे इस तथ्य को समझ गए कि गिरती हुई किसी वस्तु, जैसे पेड़ से किसी सेव का गिरना व चंद्रमा की गति का कारण एक ही बल है– गुरुत्व बल।

इस प्रकार न्यूटन ने यह विचार प्रस्तुत किया कि विश्व में कोई भी दो कण एक दूसरे को बल लगाकर अपनी ओर आकर्षित करते हैं। इस आकर्षण बल को **गुरुत्वाकर्षण बल** कहते हैं। पृथ्वी द्वारा लगाए जाने वाले गुरुत्वाकर्षण बल को ही **गुरुत्व बल** कहते हैं।

इस अध्याय में हम गुरुत्वाकर्षण के नियम के बारे में पढ़ेंगे। हम गुरुत्व बल के प्रभाव के अंतर्गत वस्तुओं की गति पर विचार करेंगे। हम देखेंगे कि प्रक्षेप्यों का अभिलाक्षणिक परवलीय पथ किस प्रकार बनता है। हम वस्तुओं के भार को परिभाषित करेंगे और यह अध्ययन करेंगे कि यह एक स्थान से दूसरे स्थान पर किस प्रकार परिवर्तित हो सकता है। हम यह भी देखेंगे कि गुरुत्व पौधों की वृद्धि को किस प्रकार प्रभावित करता है।

## 9.1 गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम

प्राकृतिक बलों में से एक मुख्य बल, दो द्रव्यात्मक वस्तुओं के बीच का बल है। यह बल गुरुत्वाकर्षण बल कहलाता है। गुरुत्वाकर्षण बल की व्याख्या करने वाले नियम की खोज न्यूटन ने की थी। न्यूटन के बारे में एक कहानी है जो आपने सुनी होगी। कहा जाता है कि, जब वे एक पेड़ के नीचे बैठे थे तो एक सेव उन पर गिरा। इस घटना ने उनको सोचने के लिए प्रेरित किया। उन्होंने स्वयं से ही प्रश्न किया, "यदि पृथ्वी सेव को अपनी ओर आकर्षित कर सकती है तो क्या वह चंद्रमा को भी आकर्षित कर सकती है" (चित्र 9.1)? उन्होंने तर्क दिया कि, अपनी कक्षा के प्रत्येक बिन्दु पर चंद्रमा किसी सरल रेखीय पथ पर गति नहीं करता वरन् पृथ्वी की ओर गिरता रहता है (चित्र 9.2)। अतः वह अवश्य ही पृथ्वी द्वारा आकर्षित होता है (वह पृथ्वी पर इसलिए नहीं गिर जाता क्योंकि वह वृत्ताकार कक्षा में गति करता है)।

*चित्र 9.1 : सेव गिरने पर न्यूटन के मन में उठे विचार – एक व्यंग्यकार की दृष्टि में।*

*चित्र 9.2 : अपनी कक्षा के प्रत्येक बिन्दु पर चन्द्रमा सरल रेखा में न जाकर पृथ्वी की ओर गिरता रहता है।*

## सर आइज़क न्यूटन

सर आइजक न्यूटन का जन्म 1642 में हुआ था। संयोगवश उसी वर्ष गैलीलिओ की मृत्यु हुई थी। वे एक निर्धन कृषक परिवार में जन्मे थे। परन्तु आइजक न्यूटन की रुचि खेती करने में नहीं थी। अतः 1661 में शिक्षा ग्रहण करने के लिए उन्हें कैंब्रिज भेज दिया गया। सन् 1665 ई. में कैंब्रिज में प्लेग फैल गया और न्यूटन को एक वर्ष की छुट्टी मिल गई। ऐसा कहा जाता है कि इसी वर्ष सेव गिरने की घटना घटित हुई। इस घटना ने न्यूटन को चंद्रमा को उसकी कक्षा में बनाए रखने वाले बल तथा गुरुत्व बल के बीच संबंध की संभावना की खोज करने को प्रेरित किया। इससे उन्होंने गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम खोज निकाला। विशिष्ट बात यह है कि न्यूटन से पहले भी बहुत से महान वैज्ञानिक गुरुत्व के बारे में जानते थे, किन्तु वे उसके महत्त्व को समझने में असफल रहे।

न्यूटन ने सुप्रसिद्ध गति के नियमों का प्रतिपादन किया जिनका आप अध्याय 8 में अध्ययन कर चुके हैं। उन्होंने प्रकाश तथा वर्णों (रंगों) के सिद्धान्तों पर कार्य किया। उन्होंने खगोलीय प्रेक्षणों के लिए खगोलीय दूरदर्शी की रचना की। न्यूटन एक महान गणितज्ञ भी थे। उन्होंने गणित की एक नई शाखा की खोज की जिसे कलन (calculus) कहते हैं। इसकी आवश्यकता उनको यह सिद्ध करने के लिए पड़ी कि किसी एकसमान घनत्व वाले गोले के बाहर स्थित वस्तुओं के लिए गोले का व्यवहार इस प्रकार का होता है जैसे कि उसका संपूर्ण द्रव्यमान उसके केन्द्र पर स्थित हो। उस समय के एक और महान गणितज्ञ लीबनिज ने भी कलन की खोज का दावा किया। दो गणितज्ञों के बीच यह विवाद था कि कलन की खोज पहले किसने की। विज्ञान में इस प्रकार के विवाद होते ही रहते हैं।

न्यूटन का रसायन विज्ञान व इंजीनियरी में भी योगदान रहा है। यह उचित ही है कि उनको आधुनिक भौतिक विज्ञान का संस्थापक (जनक) कहा जाता है।

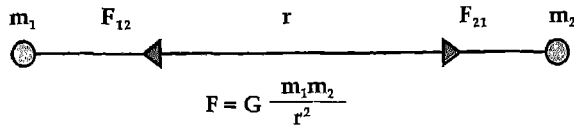
यह स्मरण रखने योग्य है कि यद्यपि उस समय गुरुत्वीय सिद्धांत का सत्यापन नहीं हो सका था किन्तु उसकी सत्यता के बारे में कोई संदेह नहीं था। इसका कारण था कि न्यूटन का सिद्धांत ठोस वैज्ञानिक तर्कों पर आधारित था और गणित से उसकी पुष्टि भी की गई थी। इससे यह सिद्धांत सरल व परिष्कृत हो गया। ये विशेषताएँ आज भी किसी अच्छे वैज्ञानिक सिद्धांत के लिए अपेक्षित हैं।

अध्याय 7 में आप पहले ही पढ़ चुके हैं कि वृत्ताकार पथ पर घूमते हुए किसी पिंड का वेग प्रत्येक बिंदु पर बदलता रहता है। वेग अथवा त्वरण में यह परिवर्तन पिंड की गति की दिशा में परिवर्तन के कारण होता है। इस त्वरण को उत्पन्न करने वाला बल, जो **पिंड को वृत्तीय गति में बनाए रखता है, सदैव केंद्र के अनुदिश होता है, अभिकेंद्र बल** कहलाता है। इस बल की अनुपस्थिति में वस्तुएँ वृत्तीय पथ के स्पर्शरेखीय दिशा में मुक्त रूप से गतिशील हो जाती हैं। न्यूटन ने तर्क दिया कि पृथ्वी के आकर्षण से उत्पन्न अभिकेंद्र बल, चंद्रमा को वृत्तीय कक्षा में घुमाते रहता है। सेव के गिरने को चंद्रमा की गति से संबद्ध करते (जोड़ते) हुए, न्यूटन ने गुरुत्वाकर्षण के नियम की खोज कर ली। न्यूटन की इस खोज में इस तथ्य के संकेत थे कि आकर्षण का यह बल विश्व की किन्हीं दो वस्तुओं के बीच हो सकता है। ऐसा बल 'सार्वत्रिक बल' कहलाता है।

न्यूटन को ज्ञात था कि किसी $r$ त्रिज्या के वृत्ताकार पथ में $v$ वेग से गतिशील कोई वस्तु पृथ्वी के केंद्र की ओर $\frac{v^2}{r}$ परिमाण से त्वरित होती है।

न्यूटन ने तर्क किया कि यदि पृथ्वी का आकर्षण बल, चंद्रमा की गति के लिए आवश्यक अभिकेंद्र बल प्रदान करता है तो चंद्रमा पर यह बल पृथ्वी की सतह की तुलना में बहुत क्षीण होना चाहिए। न्यूटन ने गुरुत्व बल के घटने का संबंध स्थापित करने के लिए एक सरल नियम का अनुमान लगाया। इस नियम के अनुसार गुरुत्वीय बल किसी वस्तु की पृथ्वी से दूरी के वर्ग के अनुपात में कम होना चाहिए।

न्यूटन अब गुरुत्वाकर्षण के नियम को निश्चित रूप देने की स्थिति में थे। अपने इस अनुभव का उपयोग करते हुए कि वस्तुओं पर गुरुत्वीय बल उनके द्रव्यमान के समानुपाती होता है, उन्होंने इस नियम को इस प्रकार परिभाषित किया, ***विश्व का प्रत्येक कण प्रत्येक अन्य कण को एक बल से आकर्षित करता है, जो दोनों कणों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती व उनकी बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।*** यह बल दोनों कणों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में लगता है। इस प्रकार, यदि कोई कण 1, किसी कण 2 को बल $F_{12}$ से

आकर्षित करता है, तो कण 2, कण 1 को बल $F_{21}$ से आकर्षित करता है, और $F_{12}$ का परिमाण $F_{21}$ के बराबर होगा (चित्रा 9.3)। दोनों बल इन कणों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में होंगे।

*चित्र 9.3 : किन्हीं दो कणों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल। द्रव्यमान $m_1$ के द्वारा द्रव्यमान $m_2$ पर लगे बल को $F_{12}$ द्वारा तथा $m_2$ द्वारा $m_1$ पर लगे बल को $F_{21}$ द्वारा दिखाया गया है।*

अब न्यूटन के गति के तृतीय नियम को याद कीजिए। इस नियम के अनुसार आप बल $F_{12}$ को क्रिया व बल $F_{21}$ को प्रतिक्रिया कह सकते हैं। ये दो बलों का एक युग्म बनाते हैं जो परिमाण में बराबर हैं तथा दिशा में विपरीत होते हैं।

गणितीय भाषा में, एक दूसरे से $r$ दूरी पर स्थित, $m$ व $M$ द्रव्यमान के दो कणों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल को इस प्रकार लिखा जा सकता है: $F \propto Mm/r^2$।

अथवा, $F = G\,(Mm/r^2)$ (9.1)

जहाँ $G$ एक नियतांक है। इसे ***सार्वत्रिक गुरुत्वीय नियतांक कहते हैं। इसका मान किन्हीं भी दो वस्तुओं के लिए सभी स्थानों पर समान होता है।*** न्यूटन के समय में $G$ का मान ज्ञात नहीं किया जा सका। एक सौ वर्ष के पश्चात् हैनरी कैवेंडिस (1731-1810), एक सुग्राही तुला के उपयोग से इसका मान ज्ञात करने में सफल रहे। $G$ का वर्तमान मान $6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$ है। $G$ के इतने कम मान से आप अब समझ सकते हैं कि दो सामान्य वस्तुओं के बीच गुरुत्वाकर्षण बल कितना कम होता है?

आपने अभी पंढ़ा है कि $G$ एक सार्वत्रिक नियतांक है। अतः, इसका मान सभी स्थानों पर समान होता है। इसका तात्पर्य यह है कि समान परिस्थितियों में दो कणों के किसी युग्म के बीच का बल, सदैव समान होगा भले ही कणों का यह युग्म विश्व में कहीं भी क्यों न हो।

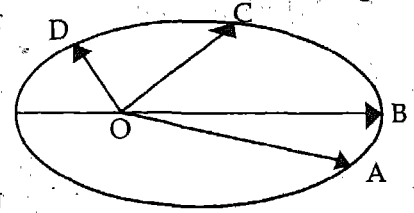
आप न्यूटन के गति के द्वितीय नियम से यह जानते

## न्यूटन ने व्युत्क्रम-वर्ग नियम का अनुमान कैसे लगाया ?

मानव की सदैव ही ग्रहों की गति के अध्ययन में बहुत रुचि रही है। इसका एक कारण यह भी है कि कुछ लोग विश्वास करते हैं कि ग्रह हमारे भाग्य को प्रभावित करते हैं। सोलहवीं शताब्दी तक कई खगोलशास्त्रियों ने ग्रहों की गति सम्बन्धित बहुत से आँकड़े एकत्र कर लिए थे। जोहान्स केपलर ने इन आँकड़ों के आधार पर ग्रहों की गति के तीन नियम व्युत्पन्न किए। इन्हें **केप्लर के नियम** कहा जाता है, ये नियम इस प्रकार हैं:

1. प्रत्येक ग्रह की कक्षा एक दीर्घवृत्त होती है और सूर्य इस दीर्घवृत्त के एक फोकस पर होता है, जैसा चित्र में दिखाया गया है। इस चित्र में सूर्य की स्थिति को O से दर्शाया गया है।
2. सूर्य व ग्रह को मिलाने वाली रेखा समान समय में समान क्षेत्रफल तय करती है। इस प्रकार यदि A से B तक में लगा समय C से D तक गति करने में लगे समय के बराबर हो तो क्षेत्रफल OAB तथा क्षेत्रफल OCD बराबर होंगे।
3. किसी ग्रह के परिक्रमण काल ($T$) का वर्ग, सूर्य से उस ग्रह की औसत दूरी ($r$) के घन के समानुपाती होता है। अथवा, $r^3/T^2$ = स्थिरांक।

यह जानना महत्वपूर्ण है कि ग्रहों की गति की व्याख्या करने के लिए केप्लर कोई सिद्धांत प्रस्तुत नहीं कर सके। न्यूटन ने ही यह दिखाया कि ग्रहों की गति का कारण गुरुत्वाकर्षण का वह बल है जो सूर्य उन पर लगाता है।

न्यूटन ने केप्लर के तीसरे नियम का उपयोग यह अनुमान लगाने में किया कि गुरुत्वीय बल दूरी के साथ कैसे घटता जाता है। एक सरल तर्क इस प्रकार है–हम कल्पना कर सकते हैं कि ग्रहों की कक्षाएँ वृत्ताकार हैं। माना कक्षीय वेग $v$ और ग्रह की कक्षा की त्रिज्या $r$ है। तब परिक्रमा करते हुए ग्रह पर लगने वाला बल, $F \propto v^2/r$

यदि ग्रह का परिक्रमण काल $T$ है, तो $v = (2\pi r)/T$ अर्थात् $v^2 \propto (r^2/T^2)$। इस संबंध को इस प्रकार भी लिखा जा सकता है– $v^2 \propto (1/r)\,(r^3/T^2)$ क्योंकि $(r^3/T^2)$ केप्लर के तीसरे नियम के अनुसार स्थिरांक है।

अतः $v^2 \propto (1/r)$। संबंध $v^2 \propto 1/r$ तथा $F \propto (v/r)$ को संयोजित करने पर हमें प्राप्त होता है :

$F \propto (v^2/r) \propto (1/r^2)$

हैं कि, बल का मान, द्रव्यमान व त्वरण का गुणनफल होता है। यदि हम $m$ द्रव्यमान के कण पर गुरुत्वीय बल को $F = mg$ लिखें, जहाँ $g$ गुरुत्वीय त्वरण है, तब समीकरण (9.1) से

$$mg = G\,(Mm/r^2)$$

$$\text{अथवा, } g = G\,(Mm/r^2) \qquad (9.2)$$

जहाँ, $M$ पृथ्वी का द्रव्यमान है। यहाँ *पृथ्वी व कण के बीच की दूरी $r$ को पृथ्वी के केन्द्र से मापा गया है।* **विचार कीजिए कि समीकरण (9.2) में हम दूरी को पृथ्वी के केंद्र से क्यों मापते हैं?**

न्यूटन ने कैल्कुलस (कलन) (जिसे उन्होंने स्वयं विकसित किया था) का उपयोग करके यह सिद्ध किया कि पृथ्वी के समान गोलाकार वस्तुओं का व्यवहार ऐसा होता है जैसे कि उनका संपूर्ण द्रव्यमान उनके केंद्र पर केंद्रित हो। यदि कोई कण पृथ्वी तल पर या उसके निकट हो, तो $r$, पृथ्वी की त्रिज्या $R$ के बराबर होगा। अतः पृथ्वी की सतह पर या उसके पास स्थित वस्तुओं के लिए,

$$mg = G\,(mM/R^2) \qquad (9.3)$$

$$\text{अथवा, } g = G\,(mM/R^2) \qquad (9.4)$$

**क्योंकि, पृथ्वी की त्रिज्या बहुत अधिक नहीं बदलती, $g$ का मान पृथ्वी पर या उसके निकट लगभग स्थिर होता है। किन्तु, याद रखिए कि पृथ्वी से दूर स्थित कणों के लिए $g$ का मान समीकरण (9.2) से प्राप्त होगा।**

**उदाहरण :** चंद्रमा की सतह पर स्थित किसी कण के लिए चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण उत्पन्न त्वरण का व्यंजक प्राप्त कीजिए। इस त्वरण का पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण से अनुपात ज्ञात कीजिए। यदि पृथ्वी पर गुरुत्वीय त्वरण 9.8 m/s² है, तो उस कण का चंद्रमा की सतह पर त्वरण कितना होगा ? आपको आवश्यक आंकड़े इस अध्याय के अंत में मिल जाएँगे।

**हल** : समीकरण (9.2) से, चंद्रमा के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण त्वरण, $a = (GM_m/R_m^2)$ जहाँ $M_m$ चंद्रमा का द्रव्यमान, व $R_m$ इसकी त्रिज्या है। पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण $g$ का मान समीकरण (9.4) से मिलता है। अतः इन दोनों (अर्थात् $a$ व $g$) का अनुपात,

$$a/g = \frac{GM_m/R_m^2}{GM/R^2} = \frac{M_m}{M}\frac{R^2}{R_m^2}$$

इस अध्याय के अंत में दिए गए आंकड़ों से, इन राशियों का मान रखने पर,

$$a/g = [(7.3\times10^{22}\ \text{kg})/(6\times10^{24}\ \text{kg})] \times[(6400\ \text{km})^2/(1740\ \text{km})^2] = 0.16$$

ध्यान दीजिए अनुपात $a/g$ का कोई मात्रक नहीं है, क्योंकि दोनों के मात्रक आपस में कट जाते हैं। यदि $g = 9.8$ m/s², तो $a = 0.16 \times 9.8$ m/s² $= 1.57$ m/s²

गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार, गुरुत्वाकर्षण बल, दो कणों को मिलाने वाली सरल रेखा की दिशा में लगता है (चित्र 9.3)। किन्तु, यदि कणों के स्थान पर विस्तृत आकार की वस्तुएँ हों तो क्या होगा ?

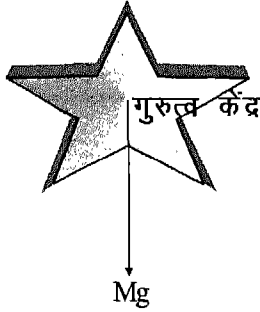
**प्रश्न**

1. **समीकरण** (9.2) का उपयोग करते हुए व $G$ के ज्ञात मान से गुरुत्वीय त्वरण के मान की गणना कीजिए। पृथ्वी के द्रव्यमान व त्रिज्या का मान इस अध्याय के अंत में दिया गया है।
2. इस अध्याय के अंत में दिए गए आँकड़ों का उपयोग करते हुए चंद्रमा के लिए $v^2/r$ की गणना कीजिए। जहाँ $v$ चंद्रमा का कक्षीय वेग व $r$ पृथ्वी से इसकी दूरी है। फिर व्युत्क्रम वर्ग नियम का उपयोग करते हुए चंद्रमा की दूरी पर गुरुत्वीय त्वरण का मान ज्ञात कीजिए। पृथ्वी-तल के पास गुरुत्वीय त्वरण का मान 9.8 m/s² लीजिए।
   **(नोट** – इस सरल गणना से प्राप्त मानों में जो साम्य दिखाई दिया, उससे न्यूटन को निश्चय हो गया कि पृथ्वी चंद्रमा को भी उसी प्रकार आकर्षित करती है जैसे कि सेव को और यह आकर्षण बल पृथ्वी व चंद्रमा के बीच की दूरी के वर्ग का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

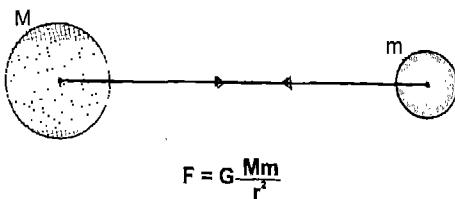
### 9.1.1 द्रव्यमान केंद्र व गुरुत्व केंद्र

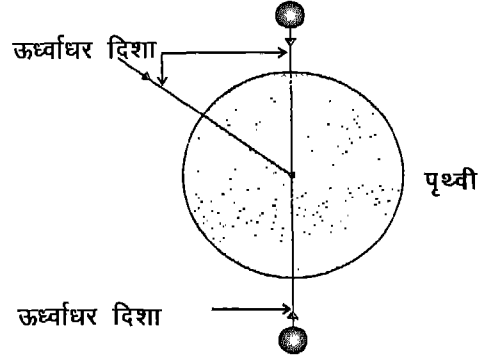
किसी विस्तृत आकार की वस्तु को हम बहुत से कणों से मिलकर बना हुआ मान सकते हैं। तब, हमारे लिए वस्तु में उस बिंदु को परिभाषित करना संभव हो

जाता है, जहाँ पर वस्तु का संपूर्ण द्रव्यमान केंद्रित माना जा सकता है। इस बिंदु को **'द्रव्यमान केंद्र'** कहा जाता है। पृथ्वी की सतह पर, अथवा इसके पास, जहाँ गुरुत्वीय बल स्थिर है, द्रव्यमान केंद्र ही, वह बिंदु हो जाता है, जहाँ सम्पूर्ण वस्तु पर लगे गुरुत्वीय बल को अनुभव किया जा सकता है। इस स्थिति में द्रव्यमान केन्द्र को **'गुरुत्व केंद्र'** कहते हैं अतः ***किसी वस्तु का 'गुरुत्व केंद्र' वह बिंदु है जहाँ संपूर्ण वस्तु पर लगा गुरुत्वीय बल, क्रिया करता हुआ माना जा सकता है (चित्र 9.4)। नियमित आकार व एकसमान घनत्व वाली वस्तुओं का गुरुत्व केंद्र उनके ज्यामितीय केंद्र पर होता है।*** इसकी पुष्टि किसी ऐसी वस्तु को, उसके ज्यामितीय केंद्र पर, एक सुई के ऊपर संतुलित करके की जा सकती है।

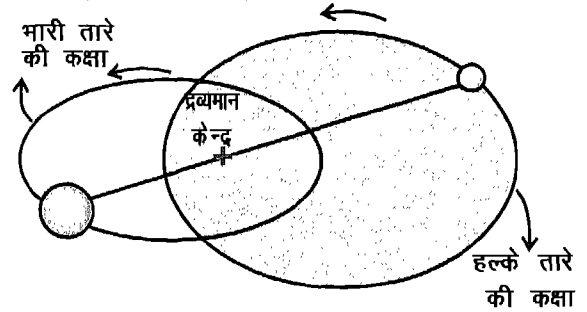
जैसे कि, गोलाकार गेंद या आयताकार लकड़ी के टुकड़े या वृत्ताकार धातु की डिस्क (चक्रिका) का गुरुत्व केंद्र उसके ज्यामितीय केंद्र पर होता है।

*चित्र 9.4 : किसी वस्तु पर लगा गुरुत्व बल उसके गुरुत्व केंद्र पर प्रभावी माना जाता है।*

अतः दो विस्तृत वस्तुओं के बीच गुरुत्वाकर्षण बल की गणना करने के लिए हमें उनके गुरुत्व केंद्रों के बीच की दूरी लेनी होगी, यह बल उन दो वस्तुओं के गुरुत्व केंद्रों को मिलाने वाली सरल रेखा की दिशा में लगता है।

$$F = G\frac{Mm}{r^2}$$

*चित्र 9.5 : एकसमान घनत्व वाले दो गोलों के मध्य गुरुत्व बल उनके केंद्रों को मिलाने वाली रेखा के अनुदिश लगता है।*

यदि, हम पृथ्वी को एकसमान घनत्व का गोला मान लें तो इसका द्रव्यमान केंद्र इसके केंद्र पर होगा। अतः किसी वस्तु पर पृथ्वी का आकर्षण बल, उसके (पृथ्वी के) केंद्र की दिशा में लगता है। ***यही वह दिशा है जिसे हम 'ऊर्ध्वाधर दिशा' कहते हैं।***

*चित्र 9.6 : ऊर्ध्वाधर दिशा सदैव पृथ्वी के केंद्र की ओर होती है।*

### 9.1.2 न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम के अनुप्रयोग

आजकल '$g$' का मान बहुत यथार्थ रूप से ज्ञात किया जा सकता है। हम पृथ्वी की त्रिज्या भी बहुत परिशुद्धतापूर्वक माप सकते हैं। $G$ का यथार्थतः मान हमें पृथ्वी का यथार्थ द्रव्यमान ज्ञात करने में सहायता करता है। न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम का इसी प्रकार से उपयोग करके चंद्रमा, सूर्य व ग्रहों के द्रव्यमान ज्ञात किए जा सकते हैं।

*चित्र 9.7 : किसी युग्म तारे के दो तारों की कक्षाएँ।*

न्यूटन के नियम का एक महत्त्वपूर्ण उपयोग युग्म तारों (double stars) के द्रव्यमान का अनुमान लगाना है। कोई युग्म तारा, दो तारों का एक ऐसा निकाय (system) होता है, जो अपने उभयनिष्ठ द्रव्यमान केंद्र के चारों ओर घूर्णन करता है (चित्र 9.7)। किसी तारे की गति में अनियमितता यह इंगित करती है कि कोई दूसरा तारा इससे संबद्ध है और उस दूसरे तारे का गुरुत्वाकर्षण

बल इस (पहले) तारे की गति पथ को विकृत कर रहा है। दो तारों के किसी ऐसे निकाय पर गुरुत्वाकर्षण नियम लागू करने से हमें इन तारों के द्रव्यमानों का अनुमान लगाने में सहायता मिलती है।

वास्तव में तारों की गति में अनियमितता की पहचान की तकनीक इतनी विकसित हो चुकी है कि गति में थोड़ी सी अनियमितता का भी पता लगाया जा सकता है। इस सूक्ष्म अनियमितता को **गति पथ में डगमगाहट** (wobble) कहते हैं। इससे यह संभावना प्रकट होती है कि कोई ग्रह या तारा इस तारे का चक्कर काट रहा है। इस ग्रह या तारे के द्रव्यमान का अनुमान भी लगाया जा सकता है। हाल के कुछ वर्षों में हमारे सौर मंडल के बाहर स्थित तारों के चक्कर लगा रहे कई ग्रहों का पता लगाया गया है।

**प्रश्न**

1. कल्पना कीजिए कि आप व आपके मित्र, प्रत्येक का द्रव्यमान 50 kg है। मान लीजिए कि आप इस प्रकार खड़े हैं कि आप दोनों के गुरुत्व केंद्रों के बीच की दूरी 1 m है। अपने व अपने मित्र के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल की गणना कीजिए। अपने पर लगने वाले गुरुत्वीय बल की गणना भी समीकरण (9.3) का उपयोग करते हुए कीजिए। पृथ्वी का द्रव्यमान व त्रिज्या का मान इस अध्याय के अंत में दिए गए आंकड़ों से लीजिए।

   [इस प्रश्न की गणनाओं से आप यह समझ जाएँगे कि पृथ्वी द्वारा आप पर लगाया गया बल, आपके मित्र द्वारा आप पर लगाये गये बल की तुलना में कितना प्रबल है। हम पर पृथ्वी द्वारा लगाया गया प्रबल बल ही हमको पृथ्वी से बाँधे रखता है। इस बल की अनुपस्थिति में पृथ्वी का घूर्णन हमें अंतरिक्ष में फेंक सकता है।]

## 9.2 गुरुत्व के प्रभाव में कणों की गति

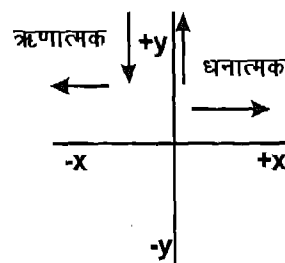
समीकरण (9.4) से प्रकट होता है कि किसी वस्तु पर गुरुत्वीय त्वरण, उसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। इसका तात्पर्य है कि सभी वस्तुएँ चाहे वह छोटी हों या बड़ी, खोखली हों या ठोस, पृथ्वी की ओर समान दर से गिरेंगी। न्यूटन द्वारा गुरुत्वाकर्षण के नियम की खोज से पहले ही गैलीलिओ ने इसका अनुभव कर लिया था। वास्तव में एक कहानी प्रचलित है कि गैलीलिओ ने पीसा की झुकी हुई मीनार की चोटी से कई वस्तुओं को साथ-साथ गिराकर यह प्रदर्शित किया था कि मुक्त रूप से गिरती हुई सभी वस्तुएँ समान रूप से त्वरित होती है। आपका अनुभव इससे भिन्न हो सकता है। आपने किसी सिक्के को कागज के टुकड़े की अपेक्षा अधिक तीव्र गति से गिरते हुए देखा होगा। यह इसलिए होता है कि ये वायु में होकर गिरते हैं। जैसा कि आप जानते हैं कि वायु घर्षण के कारण प्रतिरोध उत्पन्न करती है। कागज के टुकड़े पर प्रतिरोध, सिक्के पर प्रतिरोध से, अधिक होता है। इसके अतिरिक्त, वायु-धाराएँ भी कागज के टुकड़े को इधर-उधर धकेल सकती हैं। यदि हम यह प्रयोग एक ऐसी नली में करें जिससे वायु निकाल ली गई है तो सिक्का व कागज का टुकड़ा एक ही दर से गिरेंगे।

क्योंकि, पृथ्वी के निकट $g$ का मान स्थिर है, अतः एकसमान त्वरित गति के सभी समीकरण, त्वरण $a$ के स्थान पर $g$ रखने पर भी मान्य रहेंगे। ये समीकरण हैं:

$$v = u + gt \qquad (9.5)$$

$$s = ut + \tfrac{1}{2} gt^2 \qquad (9.6)$$

$$v^2 = u^2 + 2gs \qquad (9.7)$$

जहाँ $u$ व $v$ क्रमशः प्रारंभिक व अंतिम वेग व $s$ वस्तु द्वारा $t$ समय में चली गई दूरी है। याद रखिए, भौतिकी में हम **कार्तीय (कार्टीजियन) निर्देश** तंत्र की परिपाटी उपयोग में लाते हैं, जो चित्र 9.8 में दिखाई गई है। इस परिपाटी के अनुसार $g$ सदैव ऋणात्मक होता है क्योंकि इसकी दिशा नीचे की ओर है। याद रखिए जब वस्तु गिरती है तो '$g$' का मान ऋणात्मक होता है, और जब वस्तु ऊपर की ओर जा रही होती है तब भी यह ऋणात्मक होता है।

*चित्र 9.8 : कार्तीय निर्देश तंत्र की परंपरा के अनुसार गुरुत्व त्वरण सदैव ऋणात्मक होता है।*

**उदाहरण 9.2 :** किसी कण को ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर 50 m/s के वेग से फेंका जाता है। अपनी यात्रा के सर्वोच्च बिंदु पर इसका वेग कितना होगा ? यह कण कितनी ऊँचाई तक जाएगा ? सर्वोच्च बिंदु पर पहुँचने में यह कितना समय लेगा ?

**हल :** क्योंकि कण ऊपर की ओर जा रहा है, कार्तीय परिपाटी के अनुसार इसका वेग धनात्मक, व गुरुत्वीय त्वरण ऋणात्मक है। अतः कण का प्रारम्भिक वेग, $u = 50$ m/s और $g = -10$ m/s$^2$।

ज्यों-ज्यों कण ऊपर जाता है, गुरुत्व के प्रभाव के कारण इसका वेग कम होता जाता है और अंत में यह वेग शून्य हो जाता है। अतः अंतिम वेग $v = 0$

तब समीकरण (9.7) व (9.5) से,

$0 = u^2 + 2gs$ और $0 = u + gt$

इसमें प्रथम समीकरण से,

$$s = -\frac{u^2}{2g} = \frac{[50(\text{m/s})\times 50(\text{m/s})]}{[2(-10)(\text{m/s}^2)]} = 125\text{ m}$$

द्वितीय समीकरण से,

$$t = -u/g = \frac{50\text{ (m/s)}}{-10\text{ (m/s}^2)} = 5\text{ s}$$

ऊपर जाने में यह कण, उच्चतम बिंदु तक पहुँचने में 5 सेकंड लेगा। वापस लौटते में, शून्य वेग से चलते हुए भूमि तक पहुँचने में भी यह 5 सेकंड लेगा। समीकरण (9.6) में $s$, $u$ व $g$ का मान रखकर इसकी पुष्टि की जा सकती हैं। समीकरण (9.5) से अब हमें प्राप्त होता है–

$$v = 0 - gt = -10(\text{m/s}^2) \times 5\text{ s} = -50\text{ m/s}$$

नोट कीजिए कि वेग का चिन्ह ऋणात्मक है। इससे केवल यह प्रकट होता है कि हमारी परिपाटी के अनुसार इसकी दिशा नीचे की ओर है।

## 9.3 प्रक्षेप्य गति

**आइए, कुछ प्रश्नों पर विचार करें।** क्या यह संभव है कि कोई कण इस प्रकार गति करे कि $y$-दिशा में उसका कुछ त्वरण हो जबकि $x$-दिशा में उसका त्वरण शून्य हो?

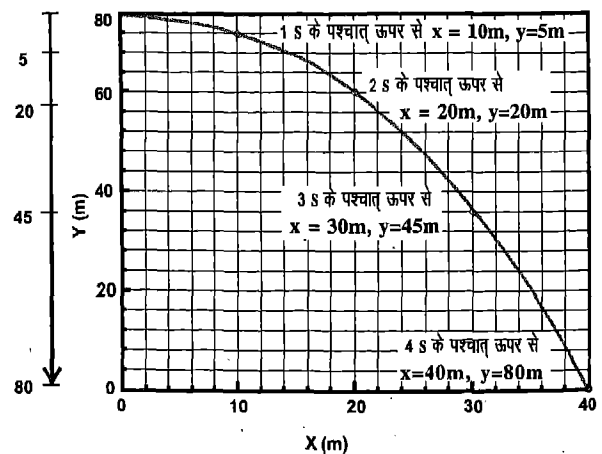
**प्रश्न**

1. उदाहरण 9.2 में कण की यात्रा के प्रत्येक सेकंड के अंत में, उसके द्वारा तय की गई दूरी, उसके वेग, व त्वरण के लिए एक तालिका बनाइए। इन आंकड़ों का उपयोग करते हुए दूरी–समय, वेग–समय व त्वरण–समय ग्राफ बनाइए।
2. किसी कण को 180 m ऊँची मीनार से गिराया जाता है। इसे भूमि तक पहुँचने में कितना समय लगेगा ? यह कितने वेग से भूमि से टकराएगी ? पिछले प्रश्न में बनाई गई सारणी जैसी सारणी बनाइए और इन आंकड़ों से दूरी–समय, वेग–समय, तथा त्वरण–समय ग्राफ बनाइए।

आइए, हम इस प्रश्न का उत्तर खोजें। मान लीजिए कि आप किसी 80 m ऊँची मीनार की चोटी से कोई गेंद नीचे गिराते हैं। सरलता के लिए $g$ का मान 10 m/s$^2$ लीजिए।

यह गेंद भूमि से टकराने में कितना समय लेगी ?

एक ग्राफ पेपर लीजिए और एक ऊर्ध्वाधर सरल रेखा पर, गेंद द्वारा पहले, दूसरे, तीसरे व चौथे सेकंड के अंत में तय की गई दूरियों को चिह्नित कीजिए।

अब मान लीजिए, आप इसी गेंद को क्षैतिज दिशा में 10 m/s के वेग से फेंकते हैं।

*चित्र 9.9*

क्या इस गेंद पर इसे फेंकने के पश्चात् क्षैतिज दिशा में कोई बल लगता है ? क्षैतिज दिशा में फेंकने के

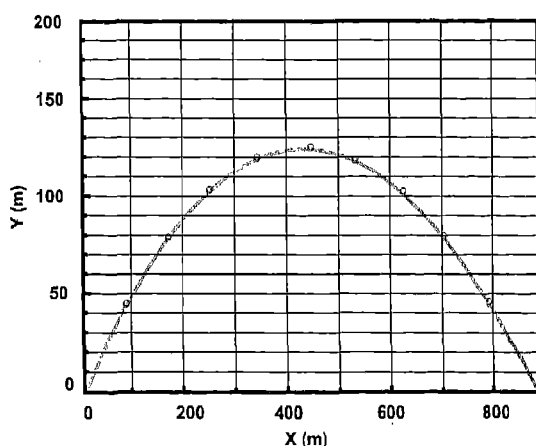
पश्चात् उस पर कोई बल नहीं लग रहा है। तब इस दिशा में गति की अवस्था क्या होगी ?

न्यूटन के गति के पहले नियम के अनुसार, इस गेंद को एकसमान वेग से क्षैतिज दिशा में गतिशील होना चाहिए। क्या गेंद पर ऊर्ध्वाधर दिशा में कोई बल लगता है ? ऊर्ध्वाधर दिशा में गेंद पर गुरुत्व बल लगता है। अतः गेंद नीचे की ओर त्वरित होती है। इस प्रकार, गेंद की गति दो गतियों का संयोजन है– ऊर्ध्वाधर दिशा में त्वरित गति व क्षैतिज दिशा में एकसमान गति। यही उस प्रश्न का उत्तर है जो हमने इस खंड के प्रारंभ में किया था। आइए देखें कि इस गतिमान गेंद का पथ कैसा दिखाई देगा।

उस ग्राफ पेपर को लीजिए, जिस पर आपने ऊर्ध्वाधर दिशा में गति करती हुई गेंद की स्थिति को प्रत्येक सेकंड से पश्चात् चिह्नित किया था। उस पर दोबारा विचार कीजिए। गेंद क्षैतिज दिशा में एक सेकंड में कितनी दूरी तय करती है? क्योंकि क्षैतिज दिशा में गेंद पर कोई बल नहीं लग रहा है इसलिए यह 10 m/s के एकसमान वेग से गति करती है अर्थात प्रत्येक सेकंड़ में यह 10 m की दूरी तय करती है। ग्राफ पेपर पर, ऊर्ध्वाधर दिशा को $y$ - अक्ष व क्षैतिज दिशा को $x$ - अक्ष द्वारा दिखाइए (चित्र 9.9)। एक सेकंड के पश्चात्, गेंद की स्थिति, $x = 10$ m व $y = 5$ m है। इस बिंदु को ग्राफ पेपर पर चिह्नित कीजिए। इसी प्रकार, दूसरे, तीसरे व चौथे सेकंड के अंत में, $x$ व $y$ की गणना कीजिए। इनको सारणी 9.1 के अनुसार दर्शाइए।

सारणी 9.1

| $t$ (s) | $x$ (m) | $y$ (m) |
|---|---|---|
| 1 | 10 | 5 |
| 2 | 20 | 20 |
| 3 | 30 | 45 |
| 4 | 40 | 80 |

ग्राफ पेपर पर इन बिंदुओं $(x,y)$ को चिह्नित कीजिए और ग्राफ खींचिए। यह ग्राफ किसी बिंदु, जैसे किसी मीनार की चोटी से क्षैतिज दिशा में फेंकी गई गेंद का पथ प्रदर्शित करता है। इस वक्र को **परवलय** व गेंद के गमन पथ को **परवलीय** पथ कहते हैं। जो वस्तु इस प्रकार के पथ पर गति करती है उसे **प्रक्षेप्य** कहते हैं। पानी की किसी पुरानी टंकी की दीवार के किसी छिद्र से निकलती जल धारा का पथ परवलीय पथ का एक सामान्य उदाहरण है।

*चित्र 9.10*

उपरोक्त उदाहरण में हमने गेंद को मीनार की चोटी से क्षैतिज दिशा में प्रमोचित किया था। यदि गेंद को पृथ्वी से इस प्रकार प्रमोचित किया जाए कि वह क्षैतिज से कोई कोण बनाए तो क्या होता है ? यह ऐसा ही है जैसे क्रिकेट के किसी खिलाड़ी द्वारा शॉट मार कर गेंद को हवा में उड़ाना, या किसी मिसाइल का दागना। इसके पथ की आकृति ज्ञात करने के लिए, हम $t$ के विभिन्न मानों के लिये $x$ व $y$ अक्ष के मानों की सारणी बनाते हैं (सारणी 9.1 की भाँति) और इससे एक ग्राफ खींचते हैं। याद रखिए कि इस स्थिति में प्रक्षेप्य पहले ऊपर जाता है और फिर नीचे आता है। ऐसे ही किसी वास्तविक उदाहरण के परिणाम सारणी (9.2) में दिए गए हैं। इस उदाहरण में प्रक्षेप्य ऊपर जाने में 5 सेकंड और फिर भूमि पर वापस आने में 5 सेकंड लेता है।

सारणी 9.2

| $t$(s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x$(m) | 0 | 86.6 | 173.2 | 259.8 | 346.4 | 433.0 | 519.6 | 606.2 | 692.8 | 779.4 | 866.0 |
| $y$(m) | 0 | 45 | 80 | 105 | 120 | 125 | 120 | 105 | 80 | 45 | 0 |

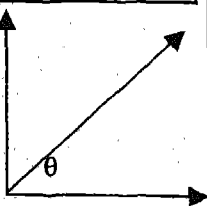
$y$ और $x$ के बीच ग्राफ चित्र 9.10 में दिखाया गया है। यह वक्र भी एक परवलय है। यह उस गेंद का गमन पथ है जिसे क्रिकेट के खिलाड़ी ने छक्का लगाकर अन्य खिलाड़ियों के सिर के ऊपर से उठा दिया हो। किसी उद्यान में लगे फब्बारे का पानी, जब ऊर्ध्वाधर से किसी कोण पर बाहर निकलता है तो उसका पथ भी ऐसा ही होता है।

किसी प्रक्षेप्य द्वारा तय की गई अधिकतम क्षैतिज दूरी को उसका **परास** कहते हैं। सारणी 9.2 को देखने से यह ज्ञात होता है कि इस उदाहरण में प्रक्षेप्य का परास 866.0 m है।

**प्रक्षेप का पथ**

माना किसी कण को $v$ वेग से ऊर्ध्वाधर दिशा से $\theta$ कोण बनाते हुए प्रमोचित किया गया, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। तब ऊर्ध्वाधर दिशा में वेग $v \cos \theta$ व क्षैतिज दिशा में $v \sin \theta$ होगा। $\cos \theta$ व $\sin \theta$ के कुछ मान नीचे सारणी में दिए गये हैं।

| $\theta$ (*डिग्री*) | *sin* $\theta$ | *cos* $\theta$ |
|---|---|---|
| 30 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |
| 45 | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ |
| 60 | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |

सारणी 9.2 में दिए गए आँकड़े उस प्रक्षेप्य के लिए हैं जिसे 100 m/s के वेग से ऊर्ध्वाधर से $60^\circ$ कोण पर अथवा क्षैतिज से $30^\circ$ कोण पर प्रमोचित किया गया था। अतः $x$-दिशा में इसका वेग 86.6 m/s और $y$-दिशा में प्रारंभिक वेग 50 m/s है। आप यह सरलतापूर्वक सिद्ध कर सकते हैं कि प्रक्षेप्य को ऊपर जाने में 5 s व भूतल तक वापस आने में 5 s लगेंगे। आप एक, दो, तीन, ...... दस सेकंड के पश्चात् $x$ व $y$ निर्देशांकों को गणना करके भी प्राप्त कर सकते हैं।

सारणी 9.2 में दिखाई गई गणनाएँ आपके लिए एक रहस्य न रह जाएँ, इसलिए गणना करने की विधि बॉक्स में दी गई है। इसको समझने के लिए आपको त्रिकोणमिति के ज्ञान की आवश्यकता होगी, जो आपको शीघ्र ही गणित में पढ़ाई जाएगी।

**प्रश्न**

समतल मेज पर गतिशील कोई गेंद मेज के किनारे तक पहुँच कर नीचे की ओर गिर जाती है। गिरती हुई गेंद के पथ का चित्र खींचिए।

## 9.4 द्रव्यमान व भार

***किसी वस्तु पर गुरुत्व के कारण लगने वाला बल उसका भार कहलाता है।*** क्योंकि गुरुत्व बल ऊर्ध्वाधर दिशा में लगता है अतः वस्तु का भार भी सदैव ऊर्ध्वाधर दिशा में लगता है। आप देख चुके हैं कि किसी वस्तु पर गुरुत्व बल को, उसके गुरुत्व केन्द्र पर लगा हुआ माना जा सकता है, तो वस्तु का भार कहाँ पर लगेगा ? क्योंकि किसी वस्तु का भार उस वस्तु पर लगने वाला गुरुत्व बल है अतः किसी वस्तु के भार को भी वस्तु के गुरुत्व केन्द्र पर लगा हुआ माना जा सकता है। भार को किस मात्रक में मापना चाहिए ?

क्योंकि, भार एक बल है, इसलिए इसे न्यूटन में ही व्यक्त करना चाहिए। दुर्भाग्य से, अधिकांश व्यक्ति अभी भी भार के मात्रक के लिए kg शब्द का उपयोग करते हैं। जिसे गलत रूप से kg लिखते हैं, वास्तव में उसका उल्लेख kg wt के संदर्भ में होता है। एक kg wt, वह बल माना जाता है जो 1 kg द्रव्यमान को $g$ के बराबर (9.8 m/s$^2$) त्वरण प्रदान करता है या 1 kg wt = 9.8 N। भार के मात्रक के लिए kg का उपयोग प्रायः आम नागरिकों में भ्रम उत्पन्न करता है। **वैज्ञानिक कार्यों में भार को न्यूटन मात्रक में ही व्यक्त किया जाता है।**

यदि, **किसी वस्तु का द्रव्यमान** $m$ है तो उसका भार $mg$ होगा। उदाहरण के लिए, यदि आप का द्रव्यमान 50 kg है, और $g$ का मान पृथ्वी पर 9.8 m/s$^2$ लिया जाए, तो आपका भार 50(kg) × 9.8(m/s$^2$) = 490 N होगा।

मान लीजिए आप चाँद पर पहुँच जाते हैं। क्या आपका द्रव्यमान बदलेगा ? क्या आपका भार बदलेगा ?

**याद रखिए आपका भार चन्द्रमा या किसी अन्य ग्रह पर या कहीं और, वह बल है जिससे वह पिंड आपको अपनी ओर आकर्षित करते हैं।**

जैसा कि आप जानते हैं किसी वस्तु का द्रव्यमान एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहीं बदलता। परंतु इसका भार बदल सकता है क्योंकि यह उस वस्तु पर लगने वाले गुरुत्वीय बल पर निर्भर करता है। समीकरण (9.2) का ध्यान कीजिए। इस समीकरण में क्योंकि $G$ व $M$ स्थिरांक हैं अतः पृथ्वी के केन्द्र से दूरी, $r$, के बढ़ने पर $g$ का मान कम हो जाएगा। वास्तव में, $g$ का मान $r$ के वर्ग के व्युत्क्रम अनुपात में बदलता है। अतः यदि आप पृथ्वी की सतह से ऊपर जाए, तो आपका भार घट जाएगा। उदाहरण के लिए, पृथ्वी के केंद्र से $2r$ दूरी पर आपका भार, पृथ्वी की सतह पर आपके भार का, एक चौथाई (1/4) रह जाएगा।

आप जानते हैं कि पृथ्वी एक परिशुद्ध गोला नहीं है। यह ध्रुवों पर कुछ संपीडित है। बिषुवत् रेखा पर हम, पृथ्वी के केंद्र से ध्रुवों की अपेक्षा थोड़ी–सी अधिक दूरी पर होते हैं। बिषुवत् रेखा पर पृथ्वी की त्रिज्या 6378 km व ध्रुवों पर 6357 km है। बताइए कि हमारा भार कहाँ अधिक होगा–विषुवत् रेखा पर या ध्रुवों पर?

**गुरुत्वीय त्वरण ($g$) के मान में परिवर्तन का अन्य कारण**

पृथ्वी के घूर्णन के कारण भी $g$ के मान में परिवर्तन होता है। $g$ के मान के इस परिवर्तन के कारण के बारे में आप बाद में पढ़ेंगे। यह प्रभाव किसी स्थान के अक्षांश पर भी निर्भर करता है, और $g$ का मान ध्रुवों पर अधिकतम व विषुवत् रेखा पर न्यूनतम होता है। अतः, पृथ्वी के घूर्णन के कारण भी किसी वस्तु का भार ध्रुवों पर अधिकतम व विषुवत् रेखा पर न्यूनतम होता है।

**तल से ऊँचाई के कारण $g$ में परिवर्तन**

आजकल सभी लोग अंतरिक्ष-यात्रा के विचार से बहुत रोमांचित होते हैं। इस संबंध में विभिन्न ऊँचाइयों पर (पृथ्वी तल से ऊँचाई को उच्चता या तुंगता कहते हैं) $g$ का मान जानने में आपकी रुचि हो सकती है। यदि आपको याद हो कि $g$ का मान ज्ञात करने के लिए दूरियाँ पृथ्वी के केंद्र से मापी जाती है, तो आप विभिन्न ऊँचाइयों पर $g$ के मान की गणना कर सकते हैं और अपने परिणामों की परख निम्न सारणी में दिए गए मानों से कर सकते हैं :

| पृथ्वी से ऊँचाई (km) | $g$ ($m/s^2$) |
|---|---|
| 0 | 9.82 |
| 200 | 9.23 |
| 1000 | 7.34 |
| 5000 | 3.08 |
| 6371 (पृथ्वी की त्रिज्या) | 2.46 |
| 10000 | 1.49 |
| 20000 | 0.573 |
| 30000 | 0.301 |

**प्रश्न**

कल्पना कीजिए कि आप किसी अंतरिक्षयान में बैठकर मंगल ग्रह पर पहुँच गए हैं और इस ग्रह पर अपना भार अपनी कापी पर नोट करना चाहते हैं। यदि आपका भार पृथ्वी पर 450 N है तो आप मंगल ग्रह पर अपना भार अपनी कापी पर कितना लिखेंगे? आवश्यक आंकड़े आपको इस अध्याय के अंत में मिलेंगे। $g$ का मान 10 $m/s^2$ लीजिए। (संकेत : पहले पृथ्वी पर दिए गए भार से अपने द्रव्यमान की गणना कीजिए। फिर मंगल ग्रह की त्रिज्या व द्रव्यमान के उपयोग से अपने द्रव्यमान के लिए मंगल ग्रह के कारण गुरुत्वाकर्षण बल की गणना कीजिए। यही मंगल ग्रह पर आपका भार है।)

गुरुत्वीय त्वरण ($g$) का मान, केवल पृथ्वी की त्रिज्या के कारण ही परिवर्तित नहीं होता, वरन् पृथ्वी के अंतरंग में द्रव्यमान के वितरण के कारण भी होता है। इसके कारण होने वाला परिवर्तन बहुत सूक्ष्म होता है, किंतु आधुनिक तकनीकों ने इस सूक्ष्म परिवर्तन को भी मापना संभव कर दिया है। मान लीजिए, पृथ्वी के भीतर किसी क्षेत्र में किसी भारी अयस्क का संग्रह है, तो इस क्षेत्र में एकक द्रव्यमान पर किसी और क्षेत्र की अपेक्षा अधिक गुरुत्व बल लगेगा। अतः यदि हम एकक द्रव्यमान को लेकर पृथ्वी का चक्कर लगाए तो हम $g$ के मान में परिवर्तन को नोट कर सकते हैं। यह उन लोगों के लिए एक महत्त्वपूर्ण सूचना है जो पृथ्वी के भीतर बहुमूल्य अयस्कों के भंडारों की खोज करते हैं।

## 9.5 गुरुत्वानुवर्तन

जिस प्रकार हम पर गुरुत्व का प्रभाव पड़ता है, क्या उसी प्रकार पौधे भी इससे प्रभावित होते हैं ? यह प्रश्न अंतरिक्ष यात्रा की दृष्टि से महत्त्वपूर्ण है। हम जानते हैं कि अंतरिक्षयान के भीतर गुरुत्व का प्रभाव प्रायः शून्य होता है। अतः प्रश्न यह है कि यदि पौधे गुरुत्व से प्रभावित होते हैं तो क्या अंतरिक्ष में पौधे उगाना संभव होगा ? हम इस विषय पर कुछ विचार करते हैं।

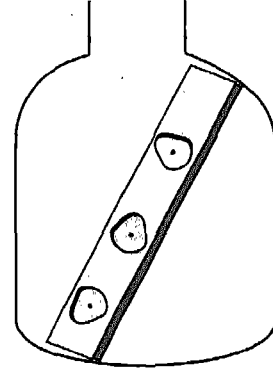
एक सरल प्रयोग जो आप स्वयं कर सकते हैं, आपको यह पता लगाने में सहायता करेगा कि पौधे गुरुत्व से किस प्रकार प्रभावित होते हैं।

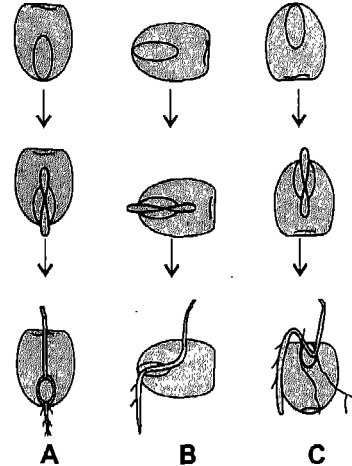
**क्रियाकलाप 9.1**

इस प्रयोग के लिए आपको इस सामग्री की आवश्यकता होगी– काँच का एक स्वच्छ जार, लकड़ी की एक छड़, सेम के कुछ बीज, कपड़े का एक छोटा टुकड़ा व कुछ पिनें। यदि सेम के बीज न मिल सकें तो इसी प्रकार के कोई अन्य बीज, जैसे– राजमा आदि, का उपयोग कर सकते हैं।

बीज चौड़े होने चाहिए, ताकि उन्हें लकड़ी की छड़ पर आसानी से लगाया जा सके। आपको बीज रात भर भिगोने पड़ेंगे ताकि वे नम हो जाएँ।

- कपड़े को लकड़ी की छड़ पर लपेटें।
- पानी छिड़ककर कपड़े को गीला करें।
- पिनों की सहायता से बीजों को छड़ पर दृढ़तापूर्वक लगाएँ। बीजों का अभिविन्यास, चित्र 9.11 में दिखाए गए अनुसार होना चाहिए (अर्थात् बीजों को वैसे ही लगाइए जिस प्रकार चित्र 9.11 में दिखाया गया है)।
- छड़ को बीजों सहित काँच के जार में रखिए।
- बीजों के अंकुरित होने पर एक सप्ताह तक जड़ों व प्ररोह (नई पत्तियों) की वृद्धि की दिशा नोट करते रहिए। प्रयोग के दौरान कपड़े को गीला रखें, किन्तु उसे पानी में डूबा हुआ न रखें।

इस प्रयोग में आप देखेंगे कि बीजों का अभिविन्यास भले ही कैसा हो (अर्थात् बीज किसी भी स्थिति में हों) जड़ें सदैव नीचे की ओर तथा प्ररोह (नई पत्तियाँ) सदैव ऊपर की ओर बढ़ते हैं (चित्र 9.12)। इस घटना को **'गुरुत्वानुवर्तन'** (geotropism) कहते हैं।

*चित्र 9.11*

गुरुत्वानुवर्तन के महत्त्व का अनुमान एक सामान्य प्रेक्षण से लगाया जा सकता है। किसान बीज बोते समय इस बात का विशेष ध्यान नहीं रखते कि भूमि पर गिरते हुए बीजों का अभिविन्यास कैसा है अर्थात् भूमि पर बीज किस स्थिति में गिरते हैं। फिर भी सभी पौधे एक ही प्रकार से उगते हैं, जड़ें नीचे की ओर व प्ररोह (नई पत्तियाँ) ऊपर की ओर। यह गुरुत्वानुवर्तन के कारण सुनिश्चित होता है।

***चित्र 9.12 : मिट्टी में बीज किसी भी दिशा में हो परंतु गुरुत्वानुवर्तन के कारण जड़ें सदैव भूमि में नीचे की ओर वृद्धि करती हैं।***

गुरुत्वानुवर्तन से प्रकट होता है कि पृथ्वी पर पौधों ने गुरुत्व की पहचान करना सीख लिया है। उनकी जड़ें नीचे की ओर बढ़ती हैं, ताकि उन्हें भूमि से पोषक तत्व मिल सकें। किंतु, यदि पौधों को ऐसे स्थान पर ले जाएँ जहाँ गुरुत्व हो ही नहीं, तो वे क्या करेंगे ? ऐसी स्थिति

अंतरिक्षयानों में होती है। गुरुत्व के अभाव में पौधे भ्रमित हो जाते हैं और अनियमित रूप से बढ़ते हैं। यह स्थिति पौधों की वृद्धि के लिए लाभदायक नहीं हैं, क्योंकि उन्हें आवश्यक पोषक तत्व नहीं मिलते। किंतु, यह महत्त्वपूर्ण है कि हम अंतरिक्ष में पौधे उगाना सीखें। भविष्य में लोगों को लंबे समय तक अंतरिक्ष में रहना पड़ सकता है। वहाँ उन्हें पानी का शुद्धिकरण करने, वातावरण को जीवन के लिए उपयुक्त बनाने, 'पोषक तत्वों को पुनरोपयोगी बनाने व भोजन प्राप्ति के लिए पौधों की आवश्यकता होगी।

क्योंकि, पौधे उगाना इतना महत्त्वपूर्ण है, अतः इसके लिए बहुत से प्रयोग किए जा रहे हैं। बहुत से नए तरीकों का परीक्षण किया जा रहा है। कुछ प्रयोगों से पता चला है कि आक्सीजन पौधों में गुरुत्व की अनुपस्थिति से उत्पन्न समस्या को दूर करने में सहायक हो सकती है। कुछ प्रयोगों में यह पाया गया है कि अंतरिक्ष यात्रा में ऑक्सीजन की आपूर्ति से पौधों की जड़ें उसी दिशा में उगने लगती हैं, जिस दिशा में पोषक तत्व उपलब्ध होते हैं।

## आपने क्या सीखा

- गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार–किन्हीं दो पिंडों अथवा कणों के बीच आकर्षण बल उन दोनों के द्रव्यमानों के गुणनफलों के समानुपाती व उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह नियम सभी पिंडों पर लागू होता है चाहे वह विश्व में कहीं भी हों। इस प्रकार के नियम को सार्वत्रिक नियम कहते हैं।
- गुरुत्वाकर्षण एक क्षीण बल है जब तक कि बहुत अधिक द्रव्यमान वाले पिंड संबद्ध न हों।
- किसी वस्तु पर लगे गुरुत्व बल को, उसमें स्थित एक बिंदु पर लगता हुआ मान सकते हैं। यह बिंदु वस्तु का गुरुत्व केंद्र कहलाता है।
- गुरुत्वीय बल पृथ्वी तल से ऊँचाई बढ़ने पर कम होता जाता है।
- गुरुत्वीय बल भू-तल के विभिन्न स्थानों पर भी परिवर्तित होता है और इसका मान ध्रुवों से विषुवत् रेखा की ओर घटता जाता है।
- ऊर्ध्वाधर से किसी कोण पर प्रक्षेपित (या प्रमोचित) कण को प्रक्षेप्य कहते हैं। इसका पथ (मार्ग) एक वक्र होता है जिसे परवलय कहते हैं।
- किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे पृथ्वी उसे आकर्षित करती है।
- किसी वस्तु का भार द्रव्यमान ($m$) व गुरुत्वीय त्वरण ($g$) के गुणनफल के बराबर होता है।
- किसी वस्तु का भार उसके गुरुत्व केंद्र पर लगता हुआ माना जा सकता है।
- किसी वस्तु का भार भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न हो सकता है, किन्तु द्रव्यमान स्थिर रहता है।
- पौधे भी गुरुत्व से प्रभावित होते हैं और प्रतिक्रिया-स्वरूप उनकी जड़ें नीचे की ओर व प्ररोह (नई पत्तियाँ) ऊपर की ओर बढ़ते हैं।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

निम्नलिखित प्रथम पाँच प्रश्नों में सही उत्तर चुनिए :

1. यदि दो वस्तुओं के बीच की दूरी '$r$' हो तो, उन वस्तुओं के बीच गुरूत्वाकर्षण बल, समानुपाती होता है :

(i) $r^2$ के (ii) $r$ के (iii) $\frac{1}{r}$ के (iv) $\frac{1}{r^2}$ के

2. निम्न में से किस स्थान पर $g$ का मान सर्वाधिक होगा ?

    (i) माउन्ट एवरेस्ट की चोटी पर।

    (ii) कुतुब मीनार की चोटी पर।

    (iii) विषुवत् रेखा पर किसी स्थान पर।

    (iv) अंटार्कटिका में किसी कैम्प पर।

3. कोई पत्थर किसी मीनार से गिराया जाता है। यदि $g = 10\ m/s^2$ हो तो 20 मीटर गिरने पर इसकी चाल होगी :

    (i) –10 m/s (ii) 10 m/s (iii) –20 m/s (iv) 20 m/s

4. जब कोई गेंद ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंकी जाती है, तो गुरुत्वीय त्वरण :

    (i) उसकी गति की दिशा के विपरीत दिशा में होता है।

    (ii) उसकी गति की ही दिशा में होता है।

    (iii) गेंद के नीचे आते समय बढ़ता जाता है।

    (iv) गेंद की उच्चतम स्थिति पर शून्य हो जाता है।

5. किसी प्रक्षेप्य के मार्ग के उच्चतम बिन्दु पर :

    (i) त्वरण नहीं होता।

    (ii) त्वरण उपरिमुखी (ऊपर की ओर) होता है।

    (iii) त्वरण अधोमुखी (नीचे की ओर) होता है।

    (iv) त्वरण क्षैतिज दिशा में होता है।

6. 'चंद्रमा पृथ्वी की ओर गिरता रहता है', इसका तात्पर्य क्या है ? यह पृथ्वी तल पर गिर क्यों नही जाता ?

7. पृथ्वी सेव को आकर्षित करती है तो क्या सेव भी पृथ्वी को आकर्षित करता है ? यदि हाँ, तो पृथ्वी सेव की ओर गति क्यों नहीं करती ?

8. यदि किसी कारणवश गुरुत्व बल लुप्त हो जाए, तो हम पृथ्वी से अंतरिक्ष में क्यों फेंक दिए जाएँगे।

9. मान लीजिए पृथ्वी का द्रव्यमान एकाएक 10% बढ़ जाए, किंतु उसके आकार में कोई परिवर्तन न हो, तब आपके भार में क्या परिवर्तन होगा ? यदि पृथ्वी की त्रिज्या उसकी वर्तमान त्रिज्या की दोगुनी हो जाए, किन्तु उसका द्रव्यमान वही रहे तो आपके भार में क्या परिवर्तन होगा ?

10. चंद्रमा के द्रव्यमान की गणना करने की एक विधि सुझाइए।

11. पृथ्वी तल से किस ऊँचाई पर गुरुत्वीय त्वरण का मान इसके पृथ्वी तल के मान का आधा हो जाएगा ? (पृथ्वी की त्रिज्या $R$ लीजिए)

12. आपने दो प्रकार की तुलाएँ अवश्य देखी होंगी। इनमें से एक दो पलड़ों वाली होती है, जो सामान्यतः पंसारी द्वारा उपयोग की जाती है और जिसमें एक संकेतक किसी स्केल के इर्द–गिर्द घूमता है। दूसरी, कबाड़ी द्वारा पुराने अखबार तोलने के लिए उपयोग की जाने वाली कमानीदार तुला। मान लीजिए पृथ्वी तल पर किसी वस्तु के लिए दोनों की माप समान है। यदि दोनों तुलाओं को चंद्रमा पर ले जाएँ तो क्या तब भी उनकी माप समान होगी ? अपने उत्तर को कारण सहित स्पष्ट कीजिए।

13. आप विषुवत् रेखा पर स्थित किसी स्थान से $W$ भार की चीनी खरीदते हैं और उसे अंटार्कटिका ले जाते हैं। क्या वहाँ उसका भार वही रहेगा? यदि नहीं, तो यह कम होगा या अधिक ?

14. किसी वस्तु को विषुवत् रेखा से ध्रुवों तक ले जाने पर, उसके भार में होने वाले परिवर्तन को प्रतिशत में व्यक्त कीजिए। ध्रुवों पर पृथ्वी की त्रिज्या 6357 km व विषुवत् रेखा पर 6378 km है।

15. यदि उदाहरण 9.1 में आपको चंद्रमा के कक्षीय वेग $v$ के स्थान पर उसका कक्षीय आवर्त काल दिया हो जो 27.3 दिन है, (यह आवर्त काल सुदूर तारों के सापेक्ष है जो अचर माने गए हैं। घूर्णन करती पृथ्वी के सापेक्ष चंद्रमा का आवर्त काल 29.5 दिन है) तो $\frac{v^2}{r}$ का मान निकालिए (जहाँ $r$ चन्द्रमा की पृथ्वी से दूरी है)।

16. सूर्य व चंद्रमा द्वारा पृथ्वी पर लगाए गए गुरुत्वाकर्षण बलों की तुलना कीजिए। इनमें से पृथ्वी पर कौन अधिक बल लगाता है और कितना गुना ?

17. माना पृथ्वी से देखने पर दो विशाल ग्रह बृहस्पति व शनि एक ही रेखा में हैं (यह कभी-कभी होता है जब कुछ ग्रह इस प्रकार संरेखित हो जाते हैं)। इन दोनों ग्रहों के कारण पृथ्वी पर 50 kg द्रव्यमान के मनुष्य पर लगने वाले कुल गुरुत्वाकर्षण बल का मान ज्ञात कीजिए। इस बल की तुलना उस मनुष्य पर लगने वाले कुल गुरुत्वीय बल से कीजिए। क्या ग्रहों द्वारा लगाया गया यह बल महत्त्वपूर्ण हो सकता है ?

निम्नलिखित प्रश्नों में $g = 10$ m/s² लीजिए।

18. कोई गेंद एक 40 m ऊँची किसी मीनार की चोटी से गिराई गई। 20 m गिरने के पश्चात् इसका वेग कितना होगा ? पृथ्वी तल पर टकराते समय इसका वेग क्या होगा ?

19. कोई हैलीकॉप्टर 2 m/s के वेग से ऊपर को उठ रहा है। 24 m की ऊँचाई पर इससे एक डाक पैकेट गिराया जाता है। यदि यह पैकेट पृथ्वी तल पर 72 km/h से अधिक वेग से टकराए तो यह क्षतिग्रस्त हो सकता है। क्या पैकेट क्षतिग्रस्त होगा अथवा नहीं ?

20. किसी तरण ताल के निमज्जन या डाइविंग बोर्ड से, जो 20 m की ऊँचाई पर है, एक गेंद गिराई जाती है। एक सेकंड के बाद एक दूसरी गेंद किसी प्रारंभिक वेग '$u$' से ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर इस प्रकार फेंकी जाती है कि दोनों गेंदें पानी की सतह से एक साथ टकराती हैं। दूसरी गेंद का प्रारंभिक वेग क्या था ? क्या वे पानी की सतह से समान वेग से टकराती हैं ? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।

21. कोई रॉकेट 20 m/s के एकसमान वेग से ऊर्ध्वाधर दिशा में प्रमोचित किया गया है। 35 सेकंड तक यात्रा करने के पश्चात् रॉकेट में कुछ गड़बड़ी के कारण उसमें ईंधन की आपूर्ति बंद हो गई, तब रॉकेट एक स्वतंत्र वस्तु की भाँति गति करने लगता है। यह कितना ऊपर जाएगा ? प्रमोचन के कितने समय पश्चात् यह वापस पृथ्वी पर आएगा ?

22. कोई हैलीकॉप्टर किसी स्थिर नाव में फँसे हुए लोगों के लिए भोजन के पैकेट गिराने भेजा गया। यह 20 m की ऊँचाई पर 2 m/s के एकसमान क्षैतिज वेग से चल रहा है। जब नाव का सबसे निकट वाला सिरा हैलीकॉप्टर के ठीक नीचे है तभी भोजन के पैकेट गिराए जाते हैं। यदि नाव 5 m लंबी है, तो क्या नाव में उपस्थित लोगों को पैकेट मिलेंगे ?

23. कोई व्यक्ति 60 m ऊँची मीनार की चोटी पर खड़ा है। वह 20 m/s के वेग से किसी गेंद को ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंकता है। नीचे आते हुए यह गेंद उसके पास से कितने समय के पश्चात् निकलेगी ? फेंकने के कितने समय पश्चात् गेंद भूमि से टकराएगी ?

24. नारियल के किसी पेड़ में, नारियल भूमि से 15 m ऊपर लटक रहे हैं। कोई बालक 20 m/s के वेग से एक प्रक्षेप्य ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंकता है (प्रमोचित करता है)। यह कितने समय के पश्चात् उन नारियलों के पास से गुजरेगा ? इस प्रश्न में आपको जो दो उत्तर मिलते हैं, उन्हें स्पष्ट कीजिए।

| इस अध्याय के प्रश्नों को हल करने के लिए आवश्यक आँकड़े | |
|---|---|
| **पृथ्वी** | **मंगल** |
| द्रव्यमान : $6 \times 10^{24}$ kg<br>त्रिज्या : $6.4 \times 10^{6}$ m (6400 km)<br>सूर्य से दूरी : $1.5 \times 10^{11}$ m | द्रव्यमान : $6 \times 10^{23}$ kg<br>त्रिज्या : $4.3 \times 10^{6}$ m (4300 km)<br>सूर्य से दूरी : $2.3 \times 10^{11}$ m |
| **चन्द्रमा** | **बृहस्पति** |
| द्रव्यमान : $7.3 \times 10^{22}$ kg<br>त्रिज्या : $1.74 \times 10^{6}$ m (1740 km)<br>पृथ्वी से दूरी : 384000 km (पृथ्वी की त्रिज्या का 60 गुना)<br>कक्षीय वेग : 1.0 k m/s | द्रव्यमान : $2 \times 10^{27}$ kg<br>त्रिज्या : $7 \times 10^{7}$ m<br>सूर्य से दूरी : $7.8 \times 10^{11}$ m |
| **सूर्य** | **शनि** |
| द्रव्यमान : $2 \times 10^{30}$ kg<br>त्रिज्या : $7 \times 10^{8}$ m | द्रव्यमान : $6 \times 10^{26}$ kg<br>त्रिज्या : $6 \times 10^{7}$ m<br>सूर्य से दूरी : $14.3 \times 10^{11}$ m |

*नोटः* यहाँ दिए गए मान सन्निकट (लगभग) हैं। यह इसलिए किया गया है कि विद्यार्थियों को गणना में सुविधा हो।

# कार्य, ऊर्जा व शक्ति
(Work, Energy and Power)

अध्याय

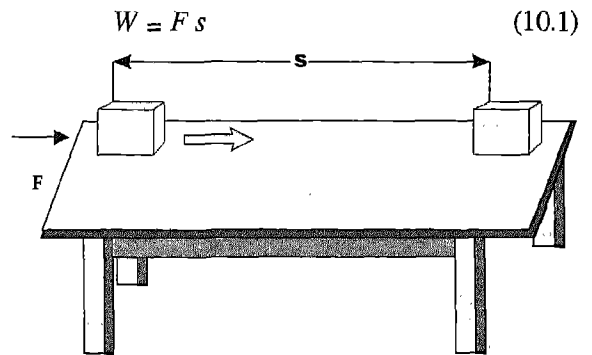
अध्याय 7 और 8 में आपने गति का वर्णन करना सीख लिया है तथा किसी वस्तु पर आरोपित बल के प्रभाव का अध्ययन भी आप कर चुके हैं। इस अध्याय में आप कार्य, ऊर्जा व शक्ति की धारणाओं के बारे में पढ़ेंगे। इनमें से ऊर्जा की धारणा सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण है क्योंकि यह द्रव्य के सभी रूपों में सर्वनिष्ठ मौलिक सत्व का निरूपण करती है। जैसा कि आप जानते हैं सभी सजीवों को जीवन निर्वाह के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। सभी जंतुओं की भांति हमें भी उस भोजन से ऊर्जा मिलती है जिसे हम खाते हैं। हरे पौधे सूर्य के प्रकाश से ऊर्जा प्राप्त करते हैं। पौधे इसका उपयोग अंशतः अपने जीवन के प्रकार्यों को संपन्न करने तथा भोजन के संश्लेषण में करते है।

प्राचीन काल से ही आदिमानव ने ऊर्जा के बाह्य स्रोत के रूप में सर्वप्रथम अग्नि का उपयोग गरम करने, प्रकाश देने व भोजन पकाने के लिए किया। फिर उसने अपनी आवश्यकताओं की पूर्ति करने के लिए प्राकृतिक ऊर्जा का दोहन करना सीखा। बाद में उसने पवन-ऊर्जा का दोहन करना सीखा। मध्यकाल में पवन चक्कियों का अनाज पीसने के लिए बड़े पैमाने पर उपयोग किया जाता था। गिरते हुए पानी की ऊर्जा का दोहन जलचाक या पनचक्की व टरबाइनों को घुमाने में किया गया। 19वीं व 20वीं शताब्दी में विज्ञान व प्रौद्योगिकी की प्रोन्नति द्वारा मानव पवन चक्कियों व जलचाक से बहुत आगे बढ़ गया है। उसने सूर्य, पानी, तथा ईंधनों (कोयला व प्राकृतिक गैस) जैसे प्राकृतिक स्रोतों से दक्ष व उन्नत तकनीक द्वारा ऊर्जा उत्पन्न करना सीख लिया। उसने ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए दक्ष व शक्तिशाली साधनों के रूप में दहन इंजनों, तापविद्युत, जलविद्युत तथा नाभिकीय शक्ति संयंत्रों का निर्माण किया। इनके बारे में आप विस्तार से उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

कार्य की संकल्पना का ऊर्जा से निकट संबंध है। कार्य शब्द का उपयोग किसी वस्तु द्वारा संचित ऊर्जा के व्यय का वर्णन करने में प्रकट होता है। जब आप चलते हैं या दौड़ते हैं तो आप ऊर्जा व्यय करते हैं और कुछ कार्य करते हैं। जितनी अधिक दूरी आप तय करते हैं उतना ही अधिक कार्य आप करते हैं। यहाँ तक कि जब आप अपनी हथेलियों को परस्पर रगड़ते हैं तब भी आप कार्य करते हैं। कोई मजदूर जब धरती से ईंटें उठाकर अपने सिर पर रखता है तो वह कार्य करता है। स्पष्टतः यदि वह अधिक ईंटें उठाता है तो कार्य भी अधिक करेगा। कभी-कभी आप बल तो आरोपित करते हैं किन्तु कोई कार्य नहीं होता, जैसे यदि आप दीवार को धकेलने का प्रयास करें तो वह दीवार गति नहीं करती। तब कार्य की परिभाषा कैसे की जाती है?

## 10.1 कार्य

माना कोई वस्तु किसी बल $F$ के प्रभाव में $s$ दूरी तय करती है। तब उस वस्तु पर किया गया कार्य बल के परिमाण तथा बल की क्रिया-रेखा की दिशा में चली गई दूरी के गुणनफल के बराबर होता है। यदि चित्र 10.1 में दर्शाए बल $F$ व विस्थापन $s$ एक ही सरल रेखा में हैं तो किया गया कार्य निम्न होगा :

$$W = F s \qquad (10.1)$$

*चित्र 10.1 : किसी वस्तु पर कार्यरत कोई बल जिसके परिणामस्वरूप वस्तु बल $F$ की क्रिया रेखा के अनुदिश $s$ दूरी तय करती है।*

जब बल को न्यूटन (N) में तथा दूरी को मीटर (m) में मापा जाए तो कार्य का मात्रक N m होता है। इस मात्रक को जूल (J) कहते हैं।

1 जूल (J) = 1 न्यूटन × 1 मीटर = 1 N m (10.2)

किसी 5.0 kg द्रव्यमान की वस्तु पर विचार कीजिए जिसे ऊर्ध्वाधर दिशा में धरती से 2.0 m ऊपर उठाया

गया है। यदि उस स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण 10 m/s² हो तो न्यूटन के गति के दूसरे नियम के अनुसार इस वस्तु को उठाने के लिए आवश्यक बल इसके भार के बराबर अर्थात् $mg$ है। अर्थात्

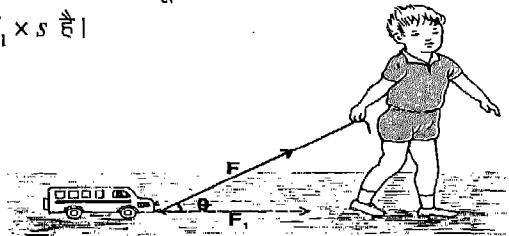
$$F = 5.0\,\text{kg} \times 10\,\text{m/s}^2$$
$$= 50.0\,\text{N}$$

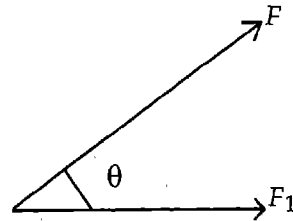
अतः किया गया कार्य

$$W = 50.0\,\text{N} \times 2.0\,\text{m} = 100.0\,\text{J}$$

आपने अध्याय 8 में पढ़ा है कि जब आप किसी वस्तु को किसी खुरदरी मेज के पृष्ठ पर बल लगाकर क्षैतिज दिशा में खींचते हैं तो इस पर घर्षण के कारण एक प्रतिरोधी बल लगता है। यह प्रतिरोधी बल आरोपित बल का विरोध करता है इस स्थिति में भी जब वस्तु गति करती है। अतः किसी वस्तु को गति करने के लिए इस कारण बल के विरोध में कार्य करना आवश्यक होता है। जब खिंचाव बल (कर्षण) बढ़ते-बढ़ते प्रतिरोधी बल से अधिक हो जाता है, तो वस्तु गति करना प्रारंभ कर देती है। क्योंकि वस्तु ने कुछ दूरी तय कर ली है, अतः कार्य प्रतिरोधी बल के विरुद्ध होता है।

## 10.2 किया गया कार्य जब गति आरोपित बल की दिशा में न हो

कई प्रकरणों में जब हम किसी वस्तु को खींचते या धकेलते हैं तो वस्तु की गति की दिशा आरोपित बल की दिशा में नहीं होती। उदाहरण के लिए, आपने किसी बच्चे को एक डोरी से किसी खिलौने को खींचते देखा होगा। यद्यपि बच्चे के द्वारा बल डोरी की दिशा में लगाया गया है तथापि खिलौना चित्र 10.2 में दर्शाए अनुसार धरती पर क्षैतिज दिशा में गति करता है। इस चित्र में हम देखते हैं कि लगाए गए बल $F$ का कोई एक भाग, मान लीजिए $F_1$, ही क्षैतिज दिशा में प्रभावी है, जो खिलौने को खींचने का कार्य करता है। अतः यदि खिलौना $s$ दूरी तय करता है तो किया गया कार्य $F_1 \times s$ है।

*चित्र 10.2 : खिलौना गाड़ी को खींचते हुए कोई बच्चा। बल डोरी के अनुदिश आरोपित है जबकि गाड़ी क्षैतिज दिशा में गति करती है।*

ध्यान दीजिए, बल व विस्थापन जैसी भौतिक राशियों के दो अभिलक्षण होते हैं– परिमाण व दिशा। इस प्रकार की राशियाँ **सदिश** कहलाती हैं। ऊपर दिए गए उदाहरण में यदि डोरी के अनुदिश लगने वाला बल $F$ क्षैतिज से $\theta$ कोण बनाता है (चित्र 10.2) तब इस बल का क्षैतिज दिशा में घटक $F = F\cos\theta$ और कार्य $W = F s \cos\theta$ होगा।

सारणी 10.1 में $\theta$ के विभिन्न मानों के लिए दिए गए $\cos\theta$ के मानों को देखने से हमें ज्ञात होता है कि जैसे-जैसे $\theta$ बढ़ता है $\cos\theta$ का मान कम होता जाता है। परिणामस्वरूप $\theta$ का मान बढ़ने पर घटक $F_1$ का मान (परिमाण) भी कम होता जाएगा। इससे स्पष्ट होता है कि जब खिलौना क्षैतिज से बड़े कोण पर झुका होता है तो उसे खींचने वाले को अधिक बल क्यों लगाना पड़ता है। इस प्रकार जब $\theta = 90^\circ$ हो तो क्षैतिज दिशा में घटक $F_1$ शून्य हो जाता है। अतः क्षैतिज दिशा में कोई बल नहीं लगता, और इस दिशा में न तो कोई विस्थापन होगा और न ही कोई कार्य।

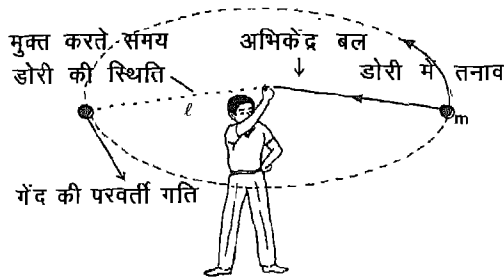
**सारणी 10.1 : $\cos\theta$ के मान**

| $\theta$ | 0° | 30° | 45° | 60° | 90° |
|---|---|---|---|---|---|
| $\cos\theta$ | 1.0 | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ = 0.866 | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ = 0.707 | $\frac{1}{2}$ = 0.500 | 0.0 |

क्या आपको कोई ऐसा क्रियाकलाप याद है जिसमें किसी वस्तु पर कार्यरत कोई बल कुछ भी कार्य नहीं करता। निम्नलिखित क्रियाकलाप से यह स्पष्ट हो जाएगा।

### क्रियाकलाप 10.1

द्रव्यमान $m$ की किसी गेंद पर विचार कीजिए जो $l$ लंबाई की डोरी से बँधी है। डोरी के दूसरे सिरे को पकड़कर गेंद को केंद्र O के किसी क्षैतिज वृत्ताकार पथ पर चित्र 10.3 में दिखाए अनुसार घुमाइए। जब गेंद घूमती

है तो आपको अपने हाथ के द्वारा अनुभव होगा कि गेंद को वृत्ताकार पथ पर घुमाते रहने के लिए एक बल लगाने की आवश्यकता होती है। आप इससे पहले अध्याय 9 में पढ़ चुके हैं कि वृत्तीय गति में त्वरण वृत्तीय कक्षा के केंद्र की ओर त्रिज्या के अनुदिश होता है। अतः अभिकेंद्र बल गेंद की गति की दिशा के लंबवत् कार्य करता है। क्योंकि अभिकेंद्र बल की दिशा में कोई विस्थापन नहीं है, अतः यह बल कोई कार्य नहीं करता।

*चित्र 10.3 : वृत्तीय पथ के अनुदिश किसी गेंद को घुमाते हुए कोई लड़का।*

## 10.3 ऊर्जा

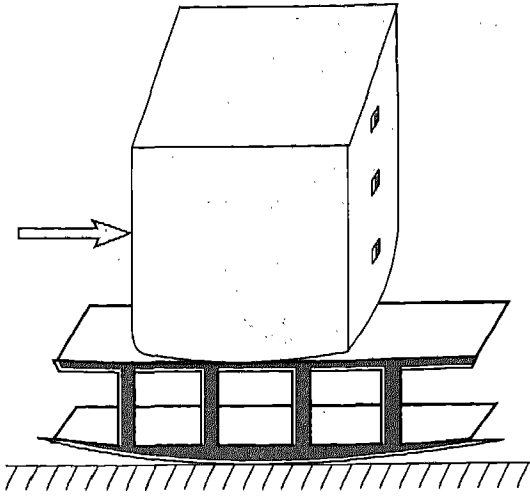
ऊर्जा शब्द का उपयोग प्रायः हमारे जीवन में होता रहता है किन्तु विज्ञान में इसका एक निश्चित एवं यथार्थ अर्थ है। आइए, निम्नलिखित उदाहरणों पर विचार करें : जब तीव्र वेग से गतिशील कोई क्रिकेट की गेंद स्थिर विकेटों से टकराती है तो विकेट दूर जा गिरते हैं। इसी प्रकार, जब हम किसी वस्तु को किसी निश्चित ऊँचाई तक उठाते हैं तब उसमें कार्य करने की क्षमता आ जाती है। आपने अवश्य ही देखा होगा कि कुछ ऊँचाई तक उठाया गया हथौड़ा जब लकड़ी के किसी टुकड़े पर रखी हुई कील पर गिरता है तो वह कील को लकड़ी के टुकड़े में ठोंक देता है। आपने बच्चों को अपने खिलौनों (जैसे कार) में चाबी भरते देखा भी होगा। जब ये खिलौने किसी समतल पृष्ठ पर रखे जाते हैं तो ये गति करने लगते हैं। जब हम हवा भरे गुब्बारे को दबाते हैं तो इसकी आकृति में परिवर्तन होता है। यदि हम गुब्बारे को कम बल लगाकर दबाते हैं तो बल को हटाने पर वह अपनी मूल आकृति में वापस आ सकता है। किन्तु अधिक बल से दबाने पर गुब्बारा विस्फोट की ध्वनि करते हुए फट भी सकता है। इन सभी उदाहरणों में वस्तुएँ, विभिन्न प्रकार से, कार्य करने की क्षमता अर्जित कर लेती हैं। यदि किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता है तो कहा जाता है कि इसमें **ऊर्जा** है। किसी वस्तु में निहित ऊर्जा को वस्तु की कार्य करने की क्षमता के पदों में व्यक्त किया जाता है। ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का है, अर्थात् जूल (J)।

गति के कारण किसी वस्तु में निहित ऊर्जा को ***गतिज ऊर्जा*** कहते हैं। किसी वस्तु में उसकी आकृति या स्थिति में परिवर्तन के कारण निहित ऊर्जा को ***स्थितिज ऊर्जा*** कहते है। गतिज ऊर्जा व स्थितिज ऊर्जा दोनों को सम्मिलित रूप से ***यांत्रिक ऊर्जा*** भी कहा जाता है। वास्तव में, ऊर्जा विभिन्न रूपों में दृष्टिगोचर होती है जैसे ऊष्मा, प्रकाश व ध्वनि। यह रासायनिक, विद्युत-चुंबकीय व नाभिकीय ऊर्जा के रूप में भी हो सकती है। इस अध्याय में हम केवल यांत्रिक ऊर्जा के विषय में ही कुछ विस्तार से विचार करेंगे।

### 10.3.1 गतिज ऊर्जा

हम जानते हैं कि किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा उसकी गति के कारण होती है। किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा किस प्रकार निर्धारित की जाती है? किसी गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा उस वस्तु द्वारा विरामावस्था में आने तक किए गए कार्य के रूप में व्यक्त की जा सकती है। वैकल्पिक रूप में किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा का निर्धारण उस वस्तु को विरामावस्था से गति की वर्तमान अवस्था तक लाने में उस वस्तु पर किए गए कार्य द्वारा किया जा सकता है। आइए, हम निम्नलिखित क्रियाकलाप द्वारा गतिज ऊर्जा के लिए एक व्यंजक प्राप्त करने का प्रयत्न करें।

**क्रियाकलाप 10.2**

एक आदर्श स्थिति पर विचार करें जिसमें कोई स्लेज (या ट्रॉली) किसी घर्षणहीन पृष्ठ जैसे बर्फ पर विरामावस्था में है। मान लीजिए हम इस स्लेज को किसी अचर क्षैतिज बल से धक्का देते हैं (चित्र 10.4) ताकि यह गति करने लगे। आप देखेंगे कि बल हटाने के पश्चात भी स्लेज एकसमान वेग से चलती रहती है (यद्यपि कुछ समय तक)। मान लीजिए यह एकसमान वेग $v$ से चलती है। किसी आदर्श एवं पूर्णतः घर्षणहीन पृष्ठ पर स्लेज को अनिश्चित काल तक चलते रहना चाहिए। किंतु वास्तविक व्यवहार में यह अपने व उस पृष्ठ के बीच घर्षण के कारण कु छ निश्चित दूरी तय करके रुक जाएगी।

*चित्र 10.4 : बर्फ जैसे किसी घर्षणहीन समतल एवं चिकने पृष्ठ पर भार से लदी कोई स्लेज (या ट्राली)।*

विराम अवस्था से गति की अवस्था में लाने के लिए स्लेज पर किए गए आरंभिक कार्य द्वारा वह चलती रहती है। यदि हम स्लेज को एक अचर बल से धक्का देते हैं तो यह त्वरित हो जाती है। मान लीजिए स्लेज समय-अंतराल $t$ में दूरी $s$ तय करती है। तब

$$W = F s \qquad (10.3)$$

हम जानते हैं कि न्यूटन के गति के दूसरे नियम के अनुसार

$$F = m a \qquad (10.4)$$

यहाँ $m$ स्लेज का द्रव्यमान है। स्लेज द्वारा $a$ त्वरण से $t$ समय में तय की गई दूरी उस सुपरिचित व्यंजक से प्राप्त होती है, जिसके विषय में आप पहले पढ़ चुके हैं। अर्थात्

$$s = u\,t + \tfrac{1}{2} a\, t^2 \qquad (10.5)$$

और $t$ समय पश्चात् वस्तु का वेग,

$$v = u + a\,t \qquad (10.6)$$

क्योंकि स्लेज विराम अवस्था से चली थी, अतः समीकरण (10.5) तथा (10.6) में प्रारंभिक वेग $u = 0$ होगा। इस प्रकार $v$ वह वेग है जिससे स्लेज बल $F$ को हटा लेने के पश्चात् भी चलती रहती है। अब समीकरण (10.3) में समीकरण (10.4) से $F$ का मान और समीकरण (10.5) से $s$ का मान रखने पर

$$W = F s$$

$$= (m\,a)\,(\tfrac{1}{2}at^2)$$

$$= \tfrac{1}{2}mv^2 \qquad (10.7)$$

यहाँ $a\,t$ को $v$ के पद में व्यक्त करने के लिए समीकरण (10.6) का उपयोग किया गया है। यह कार्य $W$ वस्तु की गतिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है।

इस प्रकार हमें $v$ वेग से गतिमान किसी $m$ द्रव्यमान की वस्तु की गतिज ऊर्जा के लिए एक महत्त्वपूर्ण व्यंजक प्राप्त हो गया। ध्यान दीजिए कि किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा उस वस्तु के द्रव्यमान $m$ तथा उसके वेग के वर्ग ($v^2$) दोनों के समानुपाती होती है।

**उदाहरण 10.1**

कोई कार 54 km/h के एकसमान वेग से चल रही है। उसमें बैठे हुए 40 kg द्रव्यमान के किसी बच्चे की गतिज ऊर्जा कितनी होगी ?

**हल**

बच्चे का वेग = कार का वेग,

$v = 54$ km/h

$$= \frac{(54 \times 1000)\text{ m}}{(60 \times 60\text{ s}} = 15\text{ m/s}$$

बच्चे की गतिज ऊर्जा,

$$= \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times (40\text{ kg}) \times (15\text{m/s})^2$$

$$= 4500\text{ J}$$

**प्रश्न**

1. मुक्त रूप से गिरता हुआ 1 kg द्रव्यमान का कोई हथौड़ा लकड़ी के टुकड़े पर लगी किसी कील पर गिरता है। यदि हथौड़ा 1 m ऊँचाई से गिरता है, तो कील से टकराने से ठीक पहले गतिज ऊर्जा कितनी होगी ? ($g$=10 m/s²)
2. मान लीजिए उदाहरण 10.1 में कार कुछ अंतरालों के पश्चात् 18 km/h, 36 km/h, 54 km/h और 72 km/h के एकसमान वेगों से चलती है। इन वेगों पर कार में बैठे बच्चे की गतिज ऊर्जाओं का परिकलन कीजिए। गतिज ऊर्जा व वेग के बीच ग्राफ खींचिए। इस वक्र की प्रकृति कैसी है ?

### 10.3.2 स्थितिज ऊर्जा

हम देख चुके हैं कि जब किसी वस्तु को धरती से ऊपर उठाया जाता है तो पृथ्वी व उस वस्तु के बीच गुरुत्वीय आकर्षण बल के विरुद्ध कार्य किया जाता है। वस्तु को किसी निश्चित ऊँचाई तक उठाने में किया गया कार्य उसकी स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित रहता है। अब $m$ द्रव्यमान की वस्तु को धरती से $h$ ऊँचाई तक उठाने में किया गया कार्य :

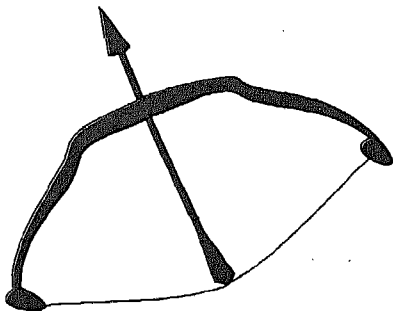
$$W = F\ s$$

$$W = mgh \qquad (10.8)$$

यह अपनी स्थिति के कारण वस्तु द्वारा संचित स्थितिज ऊर्जा का व्यंजक है। गुरुत्वीय बल के विरुद्ध किए गए कार्य के कारण वस्तु में संचित ऊर्जा को ***गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा*** कहते हैं।

किसी वस्तु की आकृति में परिवर्तन के कारण भी उसमें स्थितिज ऊर्जा संचित हो सकती है। उदाहरण के लिए, जब हम किसी रबड़ बैंड अथवा कमानी को खींचते हैं तो खिंचे हुए रबड़ बैंड अथवा कमानी में स्थितिज ऊर्जा होगी। इस ऊर्जा को प्रायः ***प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा*** कहते हैं। खिंची हुई कमानी अथवा रबड़ बैंड में स्थितिज ऊर्जा उस कार्य के परिमाण के बराबर होती है जो उस कमानी अथवा रबड़ बैंड को खींचने में किया गया।

#### क्रियाकलाप 10.3

बाँस की पतली पट्टी (खपच्ची) लीजिए और इससे धनुष बनाइए जैसा चित्र 10.5 में दिखाया गया है। किसी हल्की डंडी का एक तीर बनाइए। तीर का एक सिरा धनुष की तानित डोरी पर रखकर खींचिए और धनुष की आकृति में परिवर्तन पर ध्यान दीजिए। अब तीर को मुक्त कीजिए और उसे धनुष से दूर जाते हुए देखिए। धनुष की आकृति में परिवर्तन के कारण उसमें संचित स्थितिज ऊर्जा, तीर को गतिज ऊर्जा प्रदान करती है जिससे तीर गतिशील होकर दूर जा गिरता है।

*चित्र 10.5 : धनुष की तानित डोरी पर रखा तीर।*

## 10.4 शक्ति

कदाचित् आपने 'भुजबल' शब्द सुना होगा जो किसी व्यक्ति की शारीरिक शक्ति का द्योतक है। विज्ञान में 'शक्ति' शब्द का उपयोग मोटर, पम्प इंजन आदि के संदर्भ में किया जाता है। कई बार हम किसी निश्चित कार्य को बहुत शीघ्र करवाना चाहते हैं। उदाहरण के लिए, मान लीजिए हमें अपने घर की पहली मंजिल पर रखी टंकी को जल से भरना है और जल का स्रोत भू-तल पर है। यदि यह कार्य किसी व्यक्ति द्वारा बार-बार बाल्टी में पानी भरकर किया जाए तो इस कार्य को करने में बहुत समय लगेगा। किंतु यही कार्य किसी शक्तिशाली विद्युत मोटर द्वारा जल को सीधे टंकी में चढ़ाकर बहुत कम समय में किया जा सकता है।

शक्ति वह माप है जो यह बताती है कि कार्य कितनी शीघ्रता या कितनी विलम्बता से किया जाता है। यदि $t$ समय में $W$ कार्य होता है तो शक्ति $P$ की परिभाषा इस प्रकार की जाती है–

$$\text{शक्ति} = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}}, \text{ या } P = \frac{W}{t} \qquad (10.9)$$

शक्ति का मात्रक **वाट** (watt या W) है। [यह मात्रक जेम्स वाट (1736-1819) के सम्मान में रखा गया है]।

$$1 \text{ वाट (W)} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ सेकंड}} = 1 \text{ J/s} \qquad (10.10)$$

यदि कोई मशीन किसी नियत कार्य को किसी दूसरी मशीन की तुलना में आधे समय में कर लेती है, तो पहली मशीन की शक्ति दूसरी मशीन की शक्ति की दोगुनी होगी।

यद्यपि शक्ति का मात्रक वाट ही है, परंतु दैनिक जीवन में प्रायः हम इसके अपवर्त्य मात्रकों जैसे **किलोवाट, मेगावाट** आदि का उपयोग भी करते हैं।

1 किलोवाट (kW) = 1000 वाट (W) (10.11)

शक्ति को पहले एक अन्य मात्रक **'अश्व शक्ति'** (horse power या h.p.) में मापा जाता था। इस मात्रक का उपयोग सामान्यतः अब भी किया जाता है।

1 अश्व शक्ति = 746 वाट (10.12)

क्या आप किसी ऐसे मात्रक से परिचित हैं जिसे 'किलोवाट घंटा' कहा जाता है? यह मात्रक किसका निरूपण करता है।

मात्रक 'किलोवाट घंटा' से यह तात्पर्य है कि एक किलोवाट शक्ति का उपयोग 1 घंटे के लिए किया गया। अतः किलोवाट घंटा ऊर्जा का ही एक मात्रक है।

1 किलोवाट घंटा = 1 kW h = (1000 J/s) $60 \times 60$ s

$= 3.6 \times 10^6$ J (10.13)

**उदाहरण 10.2**

उस पम्प की शक्ति का परिकलन कीजिए जो 100 kg पानी को 25 सेकंड में 19 m ऊँचाई पर रखी टंकी में संचित कर देता है। ($g$ का मान 10 m/s² लीजिए)

**हल**

पानी ऊपर चढ़ाने में पम्प गुरुत्वीय बल के विरुद्ध कार्य करता है।

किया गया कार्य, $W = mgh$

$= 100 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 19 \text{ m} = 19000 \text{ J}$

शक्ति $= \frac{W}{t} = \frac{19000 \text{J}}{25 \text{s}}$

$= 760$ W

**क्रियाकलाप 10.4**

अपने विद्यालय (या घर) के भू-तल से छत तक की सीढ़ियाँ गिनिए। एक सीढ़ी की ऊँचाई मापिए। भू-तल से सीढ़ियों से छत तक पहुँचने का समय नोट कीजिए। अपना द्रव्यमान ज्ञात करके सीढ़ियों द्वारा छत तक पहुँचने में खर्च की गई ऊर्जा एवं अपनी शक्ति का परिकलन कीजिए। इस क्रियाकलाप को आप अपनी कक्षा के अन्य साथियों के साथ करके एक दूसरे की शक्तियों की तुलना कर सकते हैं। आप इस क्रियाकलाप को एक-दो बार दोहराइए। क्या हर बार आपकी परिकलित शक्ति उतनी ही रहती है ?

## 10.5 ऊर्जा का रूपांतरण

इस अध्याय के आरंभ में हमने कार्य को परिभाषित किया था। हमने देखा कि यदि किसी वस्तु पर कार्य किया जाए तो उसमें ऊर्जा संचित हो जाती है। वास्तव में कार्य एक प्रकार की ऊर्जा का दूसरे प्रकार की ऊर्जा में रूपांतरण को प्रकट करता है। उदाहरण के लिए, जब हम किसी गेंद पर कार्य करके उसे ऊर्ध्वाधर ऊपर फेंकते हैं, तब हम अपने शरीर में संचित ऊर्जा (रासायनिक अभिक्रियाओं द्वारा खाए गए आहार से प्राप्त) का रूपांतरण गेंद की गतिज ऊर्जा में कर देते हैं। जब हम किसी वस्तु को भू-तल से ऊपर उठाते हैं तो हम अपनी इसी संचित ऊर्जा का रूपांतरण उस वस्तु की स्थितिज ऊर्जा में करते हैं। यदि यह वस्तु किसी ऊँचाई से मुक्त रूप से छोड़ी जाती है तो पृथ्वी इसे नीचे की ओर खींचती है। पृथ्वी वस्तु पर कार्य करती है और उस वस्तु की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा उसकी गतिज ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। जब यह वस्तु भू-तल से टकराती है तो संचित गतिज ऊर्जा का रूपांतरण ऊष्मा, ध्वनि या अन्य रूप में हो जाता है। कभी-कभी आपने देखा होगा कि जब दो पत्थर जोर से टकराते हैं तो चिंगारियाँ उत्पन्न होती हैं।

### 10.5.1 सौर ऊर्जा का उदाहरण

सूर्य से प्राप्त ऊर्जा (अर्थात् सौर ऊर्जा), ऊर्जा रूपांतरण का सबसे अधिक परिचित उदाहरण है। सूर्य की ऊष्मीय ऊर्जा उसके भीतरी भाग व उसके पृष्ठ पर होने वाली नाभिकीय तथा परमाणवीय अभिक्रियाओं द्वारा विमोचित ऊर्जा का परिणाम है। सूर्य की इस ऊर्जा का कुछ भाग विकिरण के रूप में $3 \times 10^8$ m/s वेग से पृथ्वी तक पहुँचता है। पृथ्वी तक पहुँचने वाली सौर ऊर्जा का कुछ भाग भूमि और वायु को गर्म करता है। पवन एवं आँधी जैसी परिघटनाओं का एक मुख्य कारण भूमि का इस प्रकार तपना है। सौर ऊर्जा का कुछ भाग महासागरों तथा जल के अन्य स्रोतों को गर्म करके जल को जलवाष्प में परिवर्तित करता है। यह जलवाष्प के पिघलने एवं वर्षा से प्राप्त जल में यह स्थितिज ऊर्जा संचित होती है। संघनित होकर बादल बनाती है और अंततः वर्षा अथवा हिम के रूप में जल भू-तल पर वापस पहुँच जाता है। इस प्रक्रिया में जल द्वारा अवशोषित सौर ऊर्जा की कुछ मात्रा स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है। अधिक ऊँचे क्षेत्रों में हिम ऊपर

जल विद्युत संयंत्रों द्वारा विद्युत ऊर्जा प्राप्त करने में किया जा सकता है।

सौर ऊर्जा के कुछ भाग का उपयोग स्थलीय तथा जलीय पौधों द्वारा प्रकाश संश्लेषण के लिए भी किया जाता है। हरे पौधों का उपयोग मानव तथा जंतु दोनों ही भोजन के रूप में करते हैं। हम भिन्न-भिन्न कार्यों के लिए पेट्रोलियम, प्राकृतिक गैस तथा कोयले जैसे ईंधनों का उपयोग करते हैं। वास्तव में सभी ईंधन पौधों तथा जंतुओं के अवशेष से बने हैं। इन जीवाश्मी ईंधनों में निहित ऊर्जा का उपयोग विद्युत, ताप अथवा यांत्रिक ऊर्जा प्राप्त करने के लिए किया जा सकता है।

आप अवश्य जानते होंगे कि कुछ खाद्य पदार्थ अन्य खाद्य पदार्थों की तुलना में अधिक ऊर्जा प्रदान करते हैं। कुछ सामान्य खाद्य पदार्थ द्वारा अंतर्निहित ऊर्जा (सारणी 10.2) में दी गई है।

**सारणी 10.2 : कुछ खाद्य पदार्थों की अंतर्निहित ऊर्जा**

| *खाद्य पदार्थ* | *अंतर्निहित ऊर्जा ($10^6$ J/kg में)* |
|---|---|
| गेहूँ | 3.2 |
| चावल | 5.3 |
| आलू (पकाए हुए) | 3.7 |
| दूध | 3.0 |

कुछ सामान्य गतिविधियों को संपन्न करने में 40 kg द्रव्यमान का कोई स्वस्थ बच्चा किस दर से ऊर्जा का उपयोग करता है यह सारणी 10.3 में दिया है। यह जानकारी संभवतः आपके लिए कुछ रोचक हो सकती है।

**सारणी 10.3 : कुछ सामान्य गतिविधियों में प्रयुक्त ऊर्जा।**

| *गतिविधि* | *प्रति मिनट प्रयुक्त ऊर्जा* |
|---|---|
| तैरना | 25.6 kJ |
| चलना | 10.9 kJ |
| सोना | 3.2 kJ |
| तेज दौड़ना | 22.7 kJ |

## 10.6 ऊर्जा-संरक्षण

हम पहले ही देख चुके हैं कि जब कोई वस्तु किसी ऊँचाई से नीचे गिरती है तो उसकी स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। आइए, हम किसी मुक्त रूप से गिरते पिंड का उदाहरण लेकर इस ऊर्जा-रूपांतरण का विस्तार से अध्ययन करें।

मान लीजिए 10 kg द्रव्यमान का कोई पिंड पृथ्वी के पृष्ठ से 40 m ऊँचाई पर स्थित किसी स्थान से मुक्त रूप से गिराया जाता है। परिकलन में सुविधा के लिए मान लीजिए $g$ का मान 10 m/s² है।

पिंड की आरंभिक ऊर्जा = $mgh$

$= 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 40 \text{ m}$

$= 4000 \text{ J}$

जैसे ही यह पिंड नीचे की ओर गति करना आरंभ करता है गुरुत्वीय त्वरण के कारण उसके वेग में वृद्धि होती जाती है। फलस्वरूप उसकी गतिज ऊर्जा भी तदनुसार बढ़ती जाती है। हम पढ़ चुके हैं कि मुक्त रूप से $h$ दूरी तक गिरने पर किसी पिंड का वेग $v$ निम्न संबध द्वारा व्यक्त होता है

$$v^2 = 2gh \qquad (10.14)$$

क्योंकि पिंड विरामावस्था से चला है, इसलिए उपरोक्त संबंध में हमने आरंभिक वेग $u = 0$ मान लिया है। उपरोक्त संबंध का उपयोग करते हुए भू-तल से 30 m, 20 m व 10 m ऊँचाइयों पर इस पिंड के वेग का वर्ग ज्ञात करें। ध्यान रखिए कि 30 m की ऊँचाई पर पिंड ने वास्तव में (40–30) m = 10 m दूरी तय की है। इसी प्रकार 20 m की ऊँचाई पर (40–20) m = 20 m तथा 10 m की ऊँचाई पर (40–10) m =30 m दूरी तय की है। इन मानों से हम इन ऊँचाइयों पर पिंड की गतिज ऊर्जा एवं स्थितिज ऊर्जा के मान का परिकलन कर सकते हैं।

सारणी 10.4 में वस्तु की विभिन्न ऊँचाइयों पर उसकी स्थितिज ऊर्जा, वेग का वर्ग, गतिज ऊर्जा तथा गतिज व स्थितिज ऊर्जा का योग दिया है।

**सारणी 10.4 : गुरुत्व के अंतर्गत मुक्त रूप से गिरती हुई वस्तु की विभिन्न ऊँचाइयों पर स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा एवं उनका योग।**

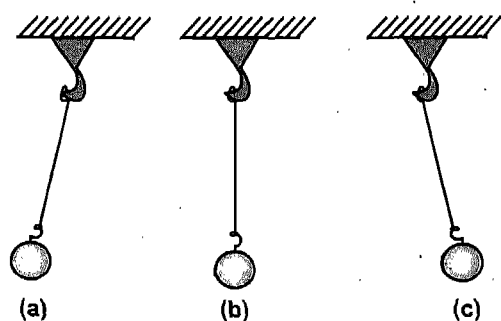
| *ऊँचाई* (m) | *स्थितिज ऊर्जा* (J) | $v^2$(m/s)$^2$ | *गतिज ऊर्जा* (J) | *कुल ऊर्जा* (J) |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 4000 | 0 | 0 | 4000 |
| 30 | 3000 | 200 | 1000 | 4000 |
| 20 | 2000 | 400 | 2000 | 4000 |
| 10 | 1000 | 600 | 3000 | 4000 |
| 0 | 0 | 800 | 4000 | 4000 |

### इस अभ्यास से हमने क्या सीखा ?

इस अभ्यास में हम पाते हैं कि मुक्त रूप से गिरते किसी पिंड की किसी बिंदु पर स्थितिज ऊर्जा में जितनी कमी होती है गतिज ऊर्जा में उतनी ही वृद्धि हो जाती है (ध्यान दीजिए यहाँ पिंड की गति पर वायु प्रतिरोध के प्रभाव की उपेक्षा की गई है)। इस प्रकार गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में निरंतर रूपांतरण होता रहता है।

इसी प्रकार यदि किसी वस्तु को ऊपर फेंका जाता है तो किसी भी क्षण उसकी स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि उसकी गतिज ऊर्जा में कमी के बराबर होती है। दूसरे शब्दों में वस्तु की गति की अवधि में किसी भी क्षण स्थितिज व गतिज ऊर्जा का योग अचर रहता है। कुल ऊर्जा सदैव संरक्षित रहती है। यही ***ऊर्जा-संरक्षण का नियम है।*** इस नियम के अनुसार ***ऊर्जा केवल एक रूप से दूसरे में रूपांतरित हो सकती है। न तो इसकी उत्पत्ति की जा सकती है और न ही उसका विनाश।*** रूपांतरण के पहले व रूपांतरण के पश्चात् कुल ऊर्जा सदैव अचर रहती है।

### 10.6.1 सरल लोलक : यांत्रिक ऊर्जा-संरक्षण का एक उदाहरण

आपने ऐसा लोलक अवश्य देखा होगा जिसमें धातु का कोई गोलाकार गोलक किसी धागे द्वारा किसी दृढ़ आधार से लटकाया जाता है। स्थितिज ऊर्जा के गतिज ऊर्जा में और फिर गतिज ऊर्जा के स्थितिज ऊर्जा में बार-बार रूपांतरण का एक सरल उदाहरण गोलक के दोलनों से दिया जा सकता है। जब गोलक को उसकी माध्य अवस्था (अथवा साम्यावस्था) से किसी एक ओर विस्थापित किया जाता है [चित्र 10.6(a)] तो उसकी स्थितिज ऊर्जा में कुछ वृद्धि हो जाती है। जब इस गोलक को विराम अवस्था से छोड़ा जाता है तो उसकी गतिज ऊर्जा शून्य से बढ़ती जाती है तथा अपनी माध्य स्थिति पर पहुँचने तक गतिज ऊर्जा अधिकतम हो जाती है [चित्र 10.6 (b)]। माध्य स्थिति से गुजरते समय गोलक की गतिज ऊर्जा सर्वाधिक होती है। अब गोलक माध्य स्थिति के दूसरी ओर गति करना प्रारंभ करता है। माध्य स्थिति के दूसरी ओर गोलक की गतिज ऊर्जा घटती जाती है और चरम स्थिति में शून्य हो जाती है। ऐसी चरम स्थितियों में गोलक की संपूर्ण ऊर्जा स्थितिज ऊर्जा के रूप में होती है। इस प्रकार दोनों चरम स्थितियों में इसकी ऊर्जा केवल स्थितिज ऊर्जा के रूप में होती है। मध्यवर्ती स्थितियों में (अर्थात् कहीं भी बीच में) [चित्र 10.6(c)] इसकी ऊर्जा स्थितिज व गतिज ऊर्जा का योग होती है। लोलक के आधार बिंदु पर घर्षण व वायु-घर्षण के कारण लोलक की उस ऊर्जा का क्षय होता रहता है जो विस्थापित करने पर उस लोलक में आरंभ में संचित हो गई थी। इस प्रकार गतिशील लोलक की आरंभिक यांत्रिक ऊर्जा का घर्षण के कारण ऊष्मा में क्षय हो जाता है। फलस्वरूप गतिमान लोलक अंततः विराम अवस्था में आ जाता है (अर्थात् रुक जाता है)।

*चित्र 10.6 (a), (b) व (c) : सरल लोलक।*

## आपने क्या सीखा

- किसी वस्तु अथवा पिंड पर किया गया कार्य, उस पर लगाए गए बल के परिमाण व बल की दिशा में उसके द्वारा तय की गई दूरी के गुणनफल से परिभाषित होता है। कार्य का मात्रक जूल है।
  1 जूल = 1 न्यूटन × 1 मीटर।
- यदि किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता हो तो यह कहा जाता है कि उसमें ऊर्जा है। ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का है, अर्थात् जूल।
- किसी गतिमान वस्तु (या पिंड) की उसकी गति के कारण ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं। $v$ वेग से गतिशील किसी $m$ द्रव्यमान की वस्तु की गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ के बराबर होती है।
- वस्तु द्वारा उसकी स्थिति अथवा आकृति में परिवर्तन के कारण प्राप्त ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं। भू-तल से $h$ ऊँचाई तक उठाई गई किसी $m$ द्रव्यमान की वस्तु की स्थितिज ऊर्जा $mgh$ होती है।
- ऊर्जा का एक अभिलक्षणिक गुण उसका किसी एक रूप से दूसरे में रूपांतरण होना है। ऊर्जा-संरक्षण नियम के अनुसार ऊर्जा का केवल एक रूप से दूसरे में रूपांतरण हो सकता है। इसकी न तो उत्पत्ति की जा सकती है और न ही विनाश। रूपांतरण के पहले व रूपांतरण के पश्चात् कुल ऊर्जा सदैव स्थिर (नियत) रहती है।
- कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। शक्ति का SI मात्रक वाट है।

$$1 \text{ वाट} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ सेकंड}}$$

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. 50 kg द्रव्यमान का कोई व्यक्ति 30 सीढ़ियाँ 30 सेकंड में चढ़ जाता है। यदि प्रत्येक सीढ़ी 20 cm ऊँची है तो कुल सीढ़ियाँ चढ़ने में उसके द्वारा प्रयुक्त शक्ति का परिकलन कीजिए।
2. 10 kg का कोई पिंड 50 cm ऊँचाई से गिराया जाता है। भू-तल से टकराते समय ज्ञात कीजिए–
   (a) इसकी गतिज ऊर्जा, और
   (b) इसका वेग
   स्पष्ट कीजिए कि क्या वेग पिंड के द्रव्यमान पर निर्भर करता है।
3. जब आप किसी कमानी (स्प्रिंग) को दबाते हैं तो उस पर कार्य करते हैं। इसकी प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा :
   (i) बढ़ती है
   (ii) घटती है
   (iii) अदृश्य हो जाती है
   (iv) नहीं बदलती है
   (सही उत्तर पर निशान लगाइए)
4. 0.5 kg की क़िसी पुस्तक की ऊर्जा में 1 जूल का परिवर्तन करने के लिए उसे कितनी ऊँचाई तक उठाना होगा ?
5. 100 वाट के एक बल्ब को 2 घंटे तक जलाया जाता है, कितनी विद्युत ऊर्जा व्यय होगी।
6. कार्य, ऊर्जा व शक्ति में अंतर स्पष्ट कीजिए। इनमें प्रत्येक का SI मात्रक लिखिए।
7. कोई महिला 10 m गहरे कुएँ से 5 kg के कुल द्रव्यमान की किसी बाल्टी को ऊपर खींचने में 10 सेकंड का समय लेती है। उसके द्वारा प्रयुक्त शक्ति ज्ञात कीजिए।

8. आधे घंटे (30 मिनट) तक तैरने के लिए आवश्यक ऊर्जा प्राप्त करने के लिए आपको लगभग कितने kg उबले हुए आलू खाने होंगे ? मान लीजिए कि आपका शरीर कुल उपलब्ध ऊर्जा का केवल 20% ही प्रयुक्त करने में सक्षम है। सारणी 10.2 तथा सारणी 10.3 में दिए गए आंकड़ों का उपयोग कीजिए।

9. $m$ द्रव्यमान का कोई पत्थर मुक्त रूप से ऊर्ध्वाधर $d$ दूरी तक गिरता है। इसकी गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा में कमी होगी :

(i) $m\,g/\,d$

(ii) $m\,d^2/2$

(iii) $m\,g\,d$

(iv) $m\,d\,/g$

(सही उत्तर पर निशान लगाइए)

10. निम्नलिखित में से किस स्थिति में कोई कार्य नहीं होता, जब :

(i) लकड़ी के टुकड़े में कील ठोंकी जाती है।

(ii) किसी बक्से को क्षैतिज पृष्ठ पर खिसकाया जाता है।

(iii) गति की दिशा के समांतर बल का कोई घटक नहीं होता।

(iv) गति की दिशा के लंबवत् बल का कोई घटक नहीं होता।

(सही उत्तर पर निशान लगाइए)

11. किसी रॉकेट का द्रव्यमान $3\times10^6$ kg है। 1 km/s वेग से 25 km ऊँचाई पर गतिमान इसकी (अ) स्थितिज ऊर्जा (ब) गतिज ऊर्जा का परिकलन कीजिए। ($g$ का मान 10 $m/s^2$ लीजिए)

12. 18 km/h वेग से गतिमान किसी गाड़ी को कोई घोड़ा समतल सड़क पर 300 N बल से खींच रहा है। घोड़े की शक्ति वाट में ज्ञात कीजिए। यह शक्ति कितने हॉर्सपावर के तुल्य है ?

13. आपके शरीर की स्थितिज ऊर्जा निम्नतम होगी जब आप :

(अ) खड़े हों

(ब) कुर्सी पर बैठे हों

(स) धरती पर बैठे हों

(द) धरती पर लेटे हों

(सही उत्तर पर निशान लगाइए)

14. व्यायाम करते समय कोई बालिका 5 मिनट तक बार-बार उठती-बैठती है। समय के साथ उसके शरीर की स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन को दर्शाने के लिए ग्राफ बनाइए।

15. कोई लड़का किसी खिलौने को एक डोरी द्वारा 50 N बल लगाकर 1 m क्षैतिज दूरी तक खींचता है जबकि डोरी क्षैतिज से 30° का कोण बनाती है। यदि डोरी क्षैतिज से 45° का कोण बनाती हो तो इसी खिलौने को 1 m दूरी तक खींचने में उसे कितना बल लगाना पड़ेगा ?

# ऊष्मा
# (Heat)

पिछले अध्यायों में, हमारी अभिरुचि मुख्यतः द्रव्यमान, बल, गति व ऊर्जा की संकल्पनाओं का अध्ययन करने में रही है। ये सभी भौतिकी की उस शाखा का आधार बनाते हैं जिसे यांत्रिकी कहते हैं।

इस अध्याय में हम ऊष्मा व ताप की संकल्पना को विकसित करेंगे। प्रथम दृष्टि में ऐसा लगता है कि ये दोनों संकल्पनाएँ यांत्रिकी विषय के बाहर हैं। किन्तु ऐसे बहुत से उदाहरण हैं जिनमें ऊष्मा व ताप, यांत्रिकी से निकटता से संबद्ध हैं। उदाहरण के लिए, आपने पिछले अध्याय में देखा था कि घर्षण बल ताप बढ़ा देते हैं और ऊष्मा उत्पन्न करते हैं। जिस प्रकार यांत्रिक बलों द्वारा ऊष्मा उत्पन्न हो सकती है, उसी प्रकार ऊष्मा के स्थानान्तरण से यांत्रिक कार्य हो सकता है। ऊष्मा इंजनों का कार्यचालन अनिवार्यतः इसी तथ्य पर आधारित है। वस्तुतः जेम्स जूल (1818-1889) के अग्रणी कार्य ने स्थापित कर दिया कि किए गए यांत्रिक कार्य व उससे उत्पन्न ऊष्मा में एक निश्चित तुल्यता होती है।

इस अध्याय में पहले हम कुछ मूल संकल्पनाओं को विकसित करेंगे और फिर हम ऊष्मा के उन भौतिक प्रभावों का वर्णन करेंगे जिनमें से अधिकांश हमें अपने दैनिक जीवन में मिलते हैं।

## 11.1 ऊष्मा व ताप

बचपन से ही हम गरम व ठंडे के संवेदन से परिचित हो जाते हैं। प्रायः यह अनुभूति हमें स्पर्श से होती है। कई बार आपने ध्यान दिया होगा जब किसी बच्चे की माँ उसे बोतल से दूध पिलाती है तो यह सुनिश्चित करने के लिए कि दूध केवल गुनगुना है, वह दूध की कुछ बूँदें अपने हाथ पर डालती है। तथापि, इस प्रकार के संवेदन प्रायः विश्वसनीय नहीं भी हो सकते। इसका अनुभव करने के लिए निम्नलिखित क्रियाकलाप कीजिए।

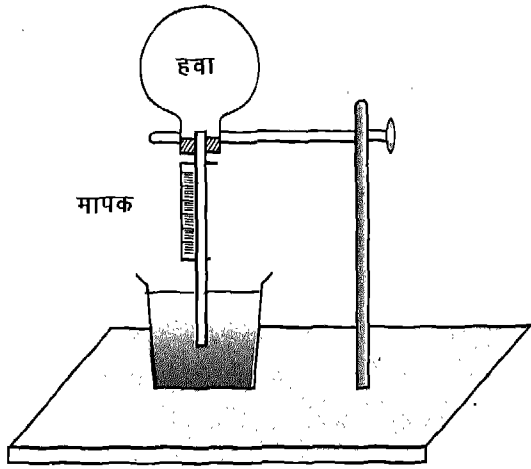
**क्रियाकलाप 11.1**

तीन बर्तन लीजिए। पहले में गरम पानी, दूसरे में गुनगुना पानी व तीसरे में ठंडा पानी डालिए। अपना बायाँ हाथ ठंडे पानी में व दायाँ हाथ गरम पानी में कुछ समय के लिए डालिए। फिर दोनों हाथों को बाहर निकालकर तुरंत बीच मे रखे गुनगुने पानी में डाल दीजिए। आपको क्या अनुभव होता है ?

आपके दाएँ हाथ को (जो पहले गरम पानी में था) यह गुनगुना पानी ठंडा लगेगा व आपके बाएँ हाथ को (जो पहले ठंडे पानी में था) यही पानी गरम लगेगा।

इससे यह पता चलता है कि हमारे शरीर को गरमी की कोटि का संवेदन केवल आपेक्षिक हैं और भ्रामक भी हो सकता है। (अर्थात् केवल स्पर्श से वस्तुओं के गरम होने का ठीक-ठीक निर्णय नहीं किया जा सकता)।

तप्तता की कोटि मापने के लिए एक यंत्र के आविष्कार की आवश्यकता बहुत पहले से अनुभव की जा रही थी। ऐसी युक्ति को **तापमापी** (थर्मामीटर) कहते हैं। आप सभी ने घरों में ज्वरमापी या डाक्टरी थर्मामीटर अवश्य देखा होगा, जिससे हम अपने शरीर का ताप मापते हैं।

1592 में ही गैलीलिओ (1564-1642), सबसे पहले साधारण तापमापी (थर्मामीटर) बनाने वालों में से एक थे। उनका थर्मामीटर इस प्रेक्षण पर आधारित था कि पदार्थ गर्म करने पर फैलते हैं और यह प्रभाव गैसों में उल्लेखनीय होता है। इस प्रेक्षण पर आधारित गैलीलिओ ने एक थर्मामीटर बनाया जो एक गोलाकार फ्लास्क का बना होता है जिसमें वायु होती है। फ्लास्क में एक लंबी काँच की नली लगी होती है, जैसा कि चित्र 11.1 में दिखाया गया है। नली का दूसरा (खुला) सिरा बीकर में रखे रंगीन पानी में डूबा रहता है। जब फ्लास्क को गरम किया जाता है तो इसके भीतर की वायु फैलती है और नली में पानी का तल गिर जाता है। इस प्रकार नली में पानी के तल में परिवर्तन उस वस्तु की तप्तता की कोटि (degree of hotness) की माप होगी जिसे फ्लास्क के संपर्क में लाया जाएगा। ***इस तप्तता की कोटि (या शीतलता की कोटि) को, मात्रात्मक रूप में जिस शब्द से व्यक्त किया जाता है, उसे ताप (temperature) कहते हैं।***

*चित्र 11.1 : गैलीलिओ का थर्मामीटर।*

## 11.2 तापीय साम्य

क्या आप जानते हैं कि थर्मामीटर ताप का अभिलेखन कैसे करता है? इसको समझने के लिए आइए हम निम्नलिखित प्रेक्षणों को याद करें। हम जानते हैं कि मेज पर रखा हुआ गरम पानी या दूध धीरे-धीरे ठंडा होने लगता है। अंत में वह अपने परिवेश का ताप प्राप्त कर लेता है। इसी प्रकार आपने ध्यान दिया होगा कि यदि आप किसी गरम वस्तु जैसे कि लोहे की गरम कीलों, को ठंडे पानी में डालें तो शीघ्र ही गरम कीलें ठंडी हो जाती हैं और ठंडा पानी गरम हो जाता है। यह प्रदर्शित करता है कि, जब विभिन्न ताप वाली दो वस्तुएँ एक दूसरे के सम्पर्क में आती हैं, तो अधिक गरम वस्तु ठंडी हो जाती है और ठंडी वस्तु अधिक गरम हो जाती है। यह कैसे होता है?

भिन्न-भिन्न ताप पर दो वस्तुएँ जब एक दूसरे के सम्पर्क में लाई जाती हैं तो इस अवधि में दोनों के बीच कुछ विनिमय (आदान–प्रदान) होता है। हम कहते हैं कि **गरम वस्तु से ठंडी वस्तु में ऊष्मा का स्थानान्तरण हो रहा है।** अन्ततः एक ऐसी स्थिति आ जाती है जब एक वस्तु से दूसरी वस्तु में ऊष्मा का प्रवाह नहीं होता।

जब निकट सम्पर्क में दो वस्तुओं के बीच ऊष्मा का विनिमय न हो रहा हो, तो इस स्थिति को **तापीय साम्य की स्थिति** (state of thermal equilibrium) कहते हैं। इस स्थिति में यह कहा जाता है कि दो वस्तुओं का ताप समान है।

जब थर्मामीटर किसी वस्तु के सम्पर्क में पर्याप्त समय तक रखा जाता है तो दोनों के बीच तापीय साम्य की स्थिति आ जाती है। इस स्थिति में दोनों (अर्थात् वस्तु व थर्मामीटर) का ताप समान होता है। इस प्रकार थर्मामीटर द्वारा प्रदर्शित ताप ही वस्तु का ताप होता है।

## 11.3 पारा थर्मामीटर

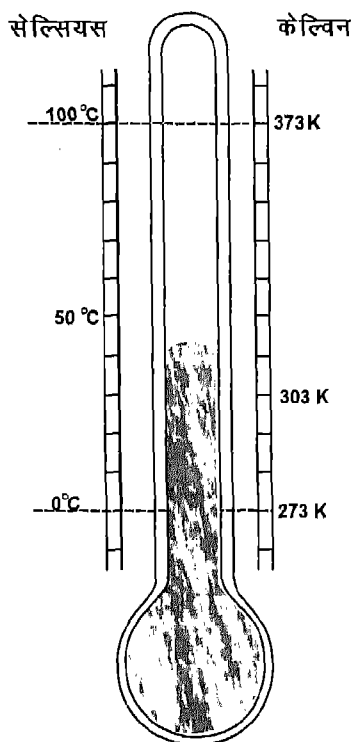
ताप मापने की अनेक प्रकार की युक्तियों में से पारा थर्मामीटर सबसे अधिक सामान्य है। आप सभी ने इसको देखा व प्रयोग में लाया होगा। यह एक सील की हुई केशनली है जिसमें से वायु निकाल ली गई है। इस नली का निचला भाग बल्ब के आकार का होता है जिसमें पारा भरा होता है। जब थर्मामीटर किसी गरम वस्तु के सम्पर्क में लाया जाता है तो ऊष्मा का स्थानान्तरण तब तक होता है जब तक दोनों बराबर के गरम न हो जाएँ। परिणामस्वरूप, पारा व काँच दोनों का ही प्रसार होता है। किन्तु पारे का प्रसार काँच से अधिक होता है, इस प्रकार पारे का तल केशनली में ऊपर हो जाता है। ताप को आंकिक रूप में व्यक्त करने के लिए हम थर्मामीटर का अंशांकन (calibration) निम्न प्रकार करते हैं।

हम दो स्थिर ताप लेते हैं जिन्हें थर्मामीटर के स्थिर **बिन्दु** कहते हैं। स्थिर बिन्दु नियत करने के लिए किसी ऐसी घटना का उपयोग किया जाता है जो हमेशा उसी तप्तता की कोटि (degree of hotness) पर होती है। ऐसे दो सुविधाजनक स्थिर बिन्दु बर्फ का गलनांक व पानी का क्वथनांक हैं।

1. सेल्सियस स्केल (मापक्रम) पर [जिसे सेल्सियस (1701-1744) के नाम पर यह नाम दिया गया है], सामान्य वायुमंडलीय दाब (जो बैरोमीटर में 76 cm पारे के स्तंभ की लम्बाई के बराबर है), पर पिघलती हुई शुद्ध बर्फ के ताप को शून्य डिग्री (0 °C) और सामान्य वायुमंडलीय ताप पर उबलते हुए शुद्ध पानी के ताप को 100 डिग्री (100 °C) लिया जाता है। स्थिर बिन्दु तय होने के बाद इनके बीच का कोई भी ताप मापा जा सकता है। 0 °C व 100 °C पर थर्मामीटर में पारे के स्तम्भ की लम्बाई माप ली जाती है। माना यह क्रमशः $l_0$ व $l_{100}$ हैं। ताप मापने का यह मापक्रम, इस तथ्य पर आधारित है कि समान तापान्तर से पारे के स्तम्भ की लम्बाई में भी समान परिवर्तन होगा। लम्बाई $l_{100}$-$l_0$ को 100 बराबर भागों में बाँटा जाता है। प्रत्येक भाग 1 °C तापांतर मापता है।

2. ताप मापने का दूसरा मापक्रम परम मापक्रम (Absolute scale) या केल्विन स्केल या मापक्रम (Kelvin scale) है। यह मापक्रम न्यूनतम सम्भव ताप (जो लगभग –237.15 °C है), को परम शून्य (Absolute zero) लेकर प्रारम्भ होता है। इस पैमाने पर पानी का हिमांक (freezing point) 273 K और क्वथनांक (boiling point) 373 K होता है। ध्यान दीजिए कि केल्विन मापक्रम में डिग्री चिह्न (°) का प्रयोग नहीं होता।

सेल्सियस मापक्रम में ताप को केल्विन मापक्रम में परिवर्तित करने के लिए ताप (°C) में 273 जोड़ दिया जाता है। चित्र 11.2 सेल्सियस व केल्विन मापक्रमों की तुलना को दर्शाता है।

सेल्सियस व केल्विन मापक्रमों का सारे जगत में वैज्ञानिक मापन के लिए प्रयोग किया जाता है। ये मापक्रम फारेनहाइट (1686-1736) द्वारा प्रस्तुत उस मापक्रम से अधिक सुविधाजनक भी पाए गए हैं जो हाल ही तक साधारणतः काम में लाया जाता था। इस पुस्तक में हम केवल सेल्सियस और केल्विन मापक्रमों का प्रयोग करेंगे।

*चित्र 11.2 : सेल्सियस व केल्विन स्केलों (मापक्रमों) की तुलना को दर्शाता व्यवस्था आरेख।*

**प्रश्न**

1. चित्र 11.2 में दिखाए गए सेल्सियस व केल्विन मापक्रमों को ध्यान से देखिए और इन दो तापों के बीच संबंध को लिखिए।
2. वायु 82 K ताप पर द्रव व 61 K पर ठोस में परिवर्तित हो जाती है। इन तापों को सेल्सियस मापक्रम में परिवर्तित कीजिए।

## 11.4 ऊष्मा–ऊर्जा का एक रूप

आप पिछले अध्यायों में पढ़ चुके हैं कि किसी गतिमान वस्तु व उस पृष्ठ के बीच जिस पर वह गति करती है, घर्षण बल काम करता है। इसी प्रकार गतिमान वस्तु व उस माध्यम के बीच भी घर्षण बल काम करता है जिससे होकर वस्तु जाती है। घर्षण के कारण उसकी गतिज ऊर्जा का एक भाग ऊष्मा में परिवर्तित हो जाता है। आपने ध्यान दिया होगा (विशेषतः बहुत ठंडे मौसम में), कि यदि आप अपने हाथ रगड़ें तो शीघ्र ही आप अपने हाथों को गरम होता (गरमाहट) अनुभव करते हैं। तेज चलती हुई साइकिल पर जब आप अचानक ब्रेक लगाते हैं तो उसके पहिये का रिम गरम हो जाता है। वायु के धर्षण के कारण पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करने वाली उल्का लाल हो जाती है। पृथ्वी पर पहुँचने से पहले ही वह पूर्णतः वाष्पित हो जाती है। ये उदाहरण प्रदर्शित करते हैं कि, किस प्रकार घर्षण के कारण किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा में होने वाली क्षति, ऊर्जा के अन्य रूप में प्रकट होती है, जिसे हम ऊष्मीय ऊर्जा या ऊष्मा कहते हैं। जब हम ऊर्जा या कार्य का, गति से संबंध देखने का प्रयत्न करते हैं, तो एक प्रश्न उठता है कि वस्तु के भीतर क्या है जो गति करता है?

जब कोई वस्तु गरम की जाती है तो उसे ऊर्जा मिलती है। किन्तु, न तो वह संपूर्ण वस्तु गति करती है और न उसकी स्थिति में परिवर्तन होता है। यह ऊर्जा कहाँ चली गई?

हमने पदार्थ की संरचना के बारे में पढ़ा है कि पदार्थ का वह सबसे छोटा कण जिसमें पदार्थ विभाजित हो सकता है और उस पदार्थ के सब रासायनिक गुणों को बनाए रखता है, अणु कहलाता है। किसी एक पदार्थ के सभी अणु समरूप होते हैं भले ही पदार्थ उस किसी भी अवस्था (ठोस, द्रव व गैस) में हो जिसमें वह रह सकता

है। यह भी ज्ञात है कि ये अणु संतत रूप से अनियमित गति करते हैं।

इस प्रकार यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि प्राप्त ऊर्जा वस्तु के अणुओं को प्रदान कर दी गई होगी। यह अणुओं की गति ही है जो ऊष्मा प्राप्त होने पर बढ़ जाती है और ऊष्मा का क्षय होने पर कम हो जाती है। अब हम **ऊष्मा को आण्विक गति की ऊर्जा** ही मानते हैं।

**क्रियाकलाप 11.2**

एक बर्तन में पानी लीजिए और इसको बर्नर पर गरम करना प्रारम्भ कीजिए। शीघ्र ही आप बुलबुलों को उठते देखेंगे। ज्यों-ज्यों ताप बढ़ता जाता है पानी के कणों की गति बढ़ती जाती है और जब पानी उबलने लगता है तो यह गति प्रचंड हो जाती है।

वह कौन से कारक हैं जिन पर किसी वस्तु को गरम करने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा निर्भर करती है? आइए, यह ज्ञात करने का प्रयत्न करें।

**पद–1**

पानी की एक निश्चित मात्रा लेकर इसको गरम कीजिए और इसका ताप 20 °C बढ़ाइए। इसमें लगा समय नोट कीजिए फिर उतना ही पानी उसी आरम्भिक ताप पर लीजिए और उसी बर्नर से उसका ताप 40 °C बढ़ाइए। इसमें लगा समय नोट कीजिए। आप पाएँगे कि इस बार पहली बार से दो गुना समय लगा, अतः दो गुनी ऊष्मा। अर्थात्, उसी मात्रा के पानी का ताप दो गुना बढ़ाने के लिए दो गुनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है।

**पद–2**

अब मान लीजिए आप इस बार पानी की दो गुनी मात्रा लेते हैं और उसी बर्नर पर उसे गरम करके ताप 20 °C बढ़ाते हैं। आप पाएँगे कि इस बार भी प्रयोग के पहले भाग मे अर्थात् पद 1 में, लगे समय से दो गुना समय लगा।

**पद–3**

अब पानी के स्थान पर ठीक उतने ही द्रव्यमान का कोई तेल (जैसे तारपीन का तेल), लीजिए और उसका ताप भी 20 °C बढ़ाइए। आप देखेंगे कि इस बार 20 °C ताप बढ़ाने में कम समय लगेगा (अर्थात् कम ऊष्मा की आवश्यकता होगी)। इस प्रकार यदि हम पानी व तेल का बराबर द्रव्यमान लें और दोनों का ताप समान डिग्री से बढ़ाएँ तो तेल के लिए पानी की अपेक्षा कम ऊष्मा की आवश्यकता होगी।

उपरोक्त प्रेक्षणों से प्रदर्शित होता है कि किसी पदार्थ को गरम करने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा पदार्थ के द्रव्यमान $m$ व ताप में परिवर्तन $\Delta T$ पर निर्भर करती है।

सामान्यतया यदि किसी $m$ (kg) द्रव्यमान की वस्तु के ताप में $\Delta T$ (°C) की वृद्धि करने के लिए ऊष्मा की आवश्यक मात्रा $Q$ हो तो,

$$Q = C\, m\, \Delta T \qquad (11.1)$$

जहाँ $C$ एक वस्तु के लिए समानुपाती नियतांक है।

समीकरण (11.1) में नियतांक $C$ को, किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता के नाम से जाना जाता है। यदि ऊष्मा $Q$ जूल (J) में, द्रव्यमान को kg में तथा तापान्तर $\Delta T$ को 0 °C में व्यक्त किया जाए तो विशिष्ट ऊष्मा धारिता को J/kg °C में व्यक्त किया जाता है।

पानी के संदर्भ में जब 1kg पानी का ताप 1°C (यथार्थ 14.5 °C से 15.5 °C) बढ़ाया जाता है तो, 4.18 kJ ऊष्मा की आवश्यकता होती है। इस प्रकार पानी की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 4.18 kJ/kg °C है।

सारणी 11.1 मे कुछ पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा धारिता (20 °C पर) दी गई हैं।

**सारणी 11.1 : कुछ सामान्यतः प्रयुक्त पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा धारिता।**

| *पदार्थ* | *विशिष्ट ऊष्मा धारिता* ($10^3$J/kg °C) |
|---|---|
| ऐंलुमिनियम | 0.920 |
| लोहा | 0.419 |
| पीतल | 0.385 |
| पारा | 0.138 |
| ताँबा | 0.389 |
| पानी | 4.18 |
| काँच | 0.669 |
| ऐल्कोहॉल (एथिल) (0 °C) | 2.29 |
| चाँदी | 0.234 |
| तारपीन तेल (0 °C) | 1.78 |

**उदाहरण 11.1**

5 g पारे का ताप 20 °C से 200 °C तक बढ़ाने के लिए कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी ?

**हल**

पारे का द्रव्यमान $(m) = 5\times10^{-3}$ kg

ताप में वृद्धि $(\Delta T) = (200-20)$ °C = 180 °C

विशिष्ट ऊष्मा धारिता $(C) = 0.138\times10^3$ J/kg °C

ऊष्मा की मात्रा $(Q) = mC\Delta T$

$= 5\times10^{-3}$ (kg)$\times0.138\times10^3$ (J/kg °C)$\times180$(°C)

$= 124.2$ J

**उदाहरण 11.2**

ताँबे की 0.1 kg की एक गोली को उबलते हुए पानी में पर्याप्त समय तक रखा गया ताकि गोली का ताप 100 °C हो जाए। इसे तुरन्त एक बर्तन में डाल दिया गया जिसमें 0.25 kg पानी 20 °C पर है। पानी का ताप बढ़ता है और 23 °C पर स्थायी अवस्था प्राप्त कर लेता है। ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता की गणना कीजिए।

**हल**

इस उदाहरण को हल करने के लिए, हम इस तथ्य का उपयोग करेंगे कि तापीय साम्यावस्था में ताँबे की गोली द्वारा दी गई ऊष्मा, पानी द्वारा ली गई ऊष्मा के बराबर होगी,

ताँबे की गोली का द्रव्यमान $(m_1) = 0.1$kg

गोली का प्रारम्भिक ताप = 100 °C

गोली का अंतिम ताप = 23 °C

गोली के ताप में कमी $(\Delta T) = (100-23)$ °C

ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता = $C$

गोली द्वारा दी गई ऊष्मा = $m_1 C\Delta T$

$= 0.1$(kg) $\times C \times (100-23)$ (°C)

पानी का द्रव्यमान = 0.25 kg

पानी का प्रारम्भिक ताप = 20 °C

पानी का अंतिम ताप = 23 °C

पानी के ताप में वृद्धि = (23 –20) °C

पानी द्वारा प्राप्त ऊष्मा = 0.25 (kg) $\times 4.18 \times 10^3$ (J/kg°C) $\times$ (23–20) (°C)

तापीय संतुलन की स्थिति में,

गोली द्वारा दी गई ऊष्मा=पानी द्वारा प्राप्त ऊष्मा

अर्थात् $m_1 C\Delta T = m_2 C_2 \Delta T_2$

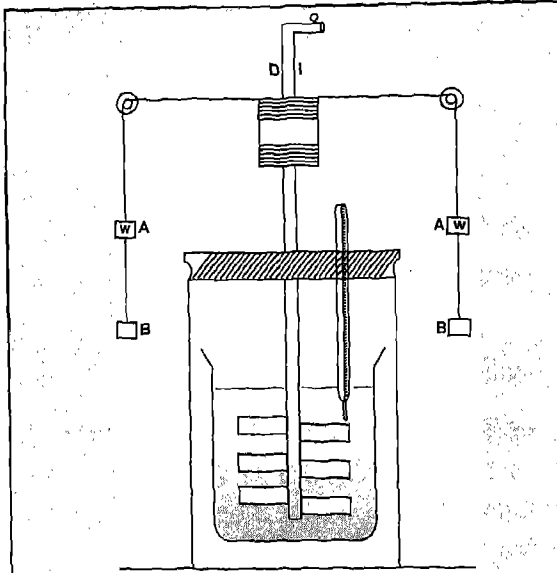
अर्थात् 0.1 (kg) $\times C \times 77$(°C) = 0.25 (kg) $\times 4.18\times 10^3$ (J/kg°C) $\times$ 3(°C)

अथवा $C = 0.407$ kJ/kg °C

इस प्रकार हमने देखा कि यदि हमें किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता ज्ञात हो तो इस उदाहरण से हमें किसी अन्य पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता ज्ञात करने की विधि मिल जाती है।

**ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक**

पिछले भाग में हम पढ़ चुके हैं कि ऊष्मा एक प्रकार की ऊर्जा है। क्योंकि ऊर्जा का **SI** मात्रक जूल है अतः, ऊष्मा को भी हम जूल में व्यक्त करते हैं। किन्तु क्या आप जानते हैं कि ऊष्मा को कैलोरी मात्रक में भी व्यक्त किया जाता है: कैलोरी की परिभाषा इस प्रकार की जाती है– यह 1 g पानी का ताप 1 °C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा है। तो जूल व कैलोरी में क्या संबंध है ? इस संबंध को जैम्स जूल ने स्थापित किया था और उन्होंने प्रयोगों द्वारा यांत्रिक ऊर्जा व उससे उत्पन्न ऊष्मा की तुल्यता को प्रदर्शित किया था। उनके प्रयोगों को इस प्रकार किया गया था जिससे यह प्रदर्शित हो सके कि किसी निकाय को ऊर्जा देने पर ऊर्जा का जो भाग अदृश्य हो जाता है वह उत्पन्न ऊष्मा के ठीक तुल्य होता है।

जूल ने कुछ पैडलों को इस प्रकार व्यवस्थित किया कि वे दो गिरते भारों से पानी में घूर्णन कर सकें। पैडलों से जुड़े भार बेलनाकार बर्तन में रखे पानी का मंथन करते हैं। जैसे-जैसे भार गिरते जाते हैं उनकी स्थितिज ऊर्जा कम होती जाती है और पैडलों की गतिज ऊर्जा, उनके घूमने के कारण बढ़ती जाती है। पैडलों की यह गतिज ऊर्जा ही ऊष्मा में परिवर्तित हो जाती है और पानी का ताप बढ़ाने में प्रयुक्त होती है।

*चित्र 11.3 : जूल का व्यवस्थित उपकरण।*

इस प्रकार की सरल व्यवस्था से जूल ने कई प्रयोग किए। उन्होंने पाया कि जब गिरते हुए भारों की ऊर्जा में 4.186 किलो जूल का क्षय होता है तो 1kg पानी का ताप 1 °C बढ़ जाता है। व्यापक रूप से, यदि $W$ कार्य $Q$ ऊष्मा में परिवर्तित हो तो,

$$W = JQ$$

जहाँ $J$ (जूल के नाम पर) एक स्थिरांक है जो $W$ व $Q$ के परिमाण पर निर्भर नहीं करता। इसका प्रयोग द्वारा निर्धारित मान $J = 4.186$ kJ/kcal है। ध्यान रहे: यहाँ अक्षर $J$ को ऊष्मा के यांत्रिक तुल्यांक के लिए प्रयोग किया गया है। इससे पहले हमने J को ऊर्जा (या ऊष्मा) के मात्रक जूल के लिए प्रयोग किया था। विद्यार्थी इन दोनों में अन्तर नोट करें। सब प्रकार की ऊर्जाओं, यांत्रिक ऊर्जा या ऊष्मा, को अब जूल में व्यक्त किया जा सकता है।

जूल के प्रयोग में महत्त्वपूर्ण ध्यान देने लायक बात यह है कि सम्पूर्ण यांत्रिक ऊर्जा को ऊष्मा में रूपान्तरित किया जा सकता है। परन्तु, इसके विपरीत क्या ऊष्मीय ऊर्जा को भी पूर्णतः यांत्रिक ऊर्जा में रूपान्तरित किया जा सकता है ? उदाहरण के लिए भाप के इंजन में (स्टीम इंजन में) भाप के प्रसरण से ऊष्मीय ऊर्जा का क्षय होता है और पिस्टन की गति से इसका यांत्रिक ऊर्जा में रूपान्तरण होता रहता है। हम पाएँगे कि सदैव ऊष्मीय ऊर्जा के यांत्रिक ऊर्जा में रूपान्तरण की एक सीमा होती है, कुछ ऊष्मीय ऊर्जा ऊष्मा के रूप में ही रह जाती है। यह कभी भी पूर्णतः यांत्रिक ऊर्जा में रूपान्तरित नहीं हो सकती। इसके बारे में अधिक विस्तार से आप उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

**प्रश्न**

ऊपर दिए गए संबंध का प्रयोग करते हुए सारणी 11.1 में दिए गए विशिष्ट ऊष्मा धारिता के मानों को cal/kg °C मात्रक में परिवर्तित कीजिए।

## 11.5 ऊष्मा के प्रभाव

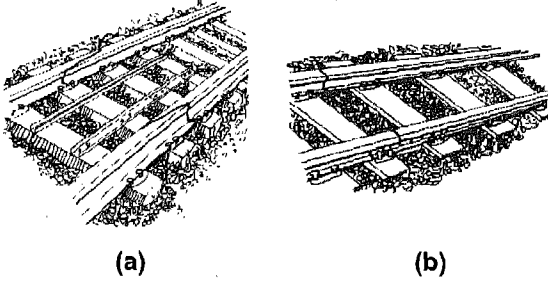
यह एक सामान्य प्रेक्षण है कि अधिकांश पदार्थ (ठोस, द्रव व गैस) गरम करने पर फैलते हैं और ठंडा करने पर सिकुड़ते हैं।

क्या आपको ठोस, द्रव व गैसों के प्रसार को दिखाने व समझाने के लिए कुछ सामान्य उदाहरण याद आते हैं।

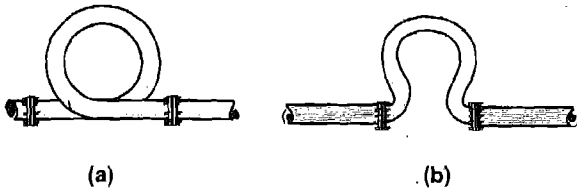
आपने देखा होगा कि कभी-कभी सील की हुई बोतल के धातु के ढक्कन इतने कस जाते हैं कि, उन्हें कुछ समय के लिए गरम पानी में रखना पड़ता है। इससे धातु का ढक्कन फैलकर ढीला हो जाता है और आसानी से खुल जाता है। आपने यह भी ध्यान दिया होगा कि रेल की पटरियों तथा कंक्रीट के राजमार्गों पर प्रसार जोड़ों (expansion joints) का प्रावधान किया जाता है। चित्र 11.4 देखिये। लम्बी दूरी तक तेल या अन्य द्रवों को ले जाने वाले पाइपों में नियमित अन्तराल (regular interval) पर लूप (loop) बने होते हैं (चित्र 11.5)। यह ताप में परिवर्तन के कारण पाइपों में हो सकने वाले तनाव से बचने के लिए किया जाता है।

जहाँ तक द्रवों का प्रश्न है आपने देखा होगा कि पूरी ऊपर तक पानी से भरी केतली को गरम करें तो पानी गरम होकर फैलता है और केतली से बाहर बह जाता है। यही कारण है कि ताप बढ़ने पर ठंडे द्रव से भरी टंकियों से द्रव बाहर निकलने लगता है। जहाँ तक गैसों का संबंध है, यदि कमरे के ताप पर आंशिक रूप से भरा गुब्बारा गरम पानी में रखें तो वह अपने पूरे आकार में फूल सकता है। वास्तव में पूरा भरा हुआ गुब्बारा ठंडे पानी में डुबाने पर भीतर की वायु के संकुचन के कारण सिकुड़ने लगेगा।

लोहार बैलगाड़ियों के लकड़ी के पहियों के ऊपर लोहे की रिम चढ़ाने के लिए ऊष्मा के कारण प्रसार का लाभ उठाते हैं। वे धातु के रिम को इस प्रकार बनाते हैं कि उसका व्यास पहिये के व्यास से कुछ कम हो। पहिये पर चढ़ाने से पहले रिम को गरम किया जाता है।

(a) (b)

*चित्र 11.4 : रेल की पटरियों को जोड़ने की व्यवस्था*

गरम करने पर रिम फैलता है और पहिये में ठीक से बैठ जाता है। फिर उस पर पानी डाला जाता है जिससे वह ठंडा होने पर सिकुड़कर पहिये को दृढ़ता से पकड़ लेता है।

(a) (b)

*चित्र 11.5 : तरल पदार्थों को एक स्थान से दूसरे स्थान तक भेजने के लिए प्रयुक्त धातु के पाइपों के लूपों के दो डिजाइन।*

### 11.5.1 रेखीय प्रसार गुणांक

ठोसों के प्रसार को मात्रात्मक रूप में व्यक्त करने के लिए हम रेखीय प्रसार गुणांक (Coefficient of linear expansion) की परिकल्पना प्रस्तुत करते हैं। लम्बाई $L_1$ के एक धातु के तार पर विचार कीजिए जिसका ताप $T_1$ है। इस तार को $T_2$ ताप तक गरम करने पर माना इसकी लम्बाई बढ़कर $L_2$ हो जाती है। प्रयोग द्वारा ज्ञात हुआ है कि अधिकांश दशाओं में और जब ताप में बहुत अधिक अन्तर न हो, तो लम्बाई में वृद्धि, आरंभिक लम्बाई व ताप में वृद्धि दोनों पर निर्भर करती है।

अर्थात्, $(L_2 - L_1) \propto (T_2 - T_1)$

और, $(L_2 - L_1) \propto L_1$

अर्थात्, $(L_2 - L_1) = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$

अर्थात् $L_2 = L_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)]$ (11.2)

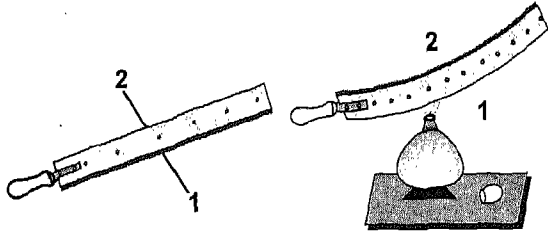
जहाँ $\alpha$ (ऐल्फा) किसी पदार्थ के लिए नियतांक है और पदार्थ का **रेखीय प्रसार गुणांक** कहलाता है। सारणी 11.2 में कुछ सामान्य पदार्थों के रेखीय प्रसार गुणांक दिए गए हैं।

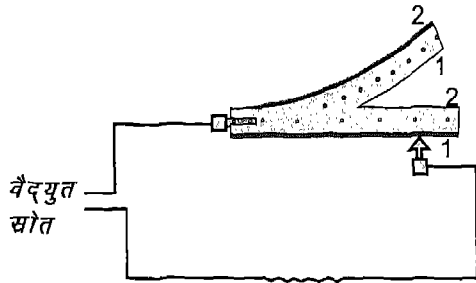
**सारणी 11.2 : कुछ पदार्थों के रेखीय प्रसार गुणांक**

| ठोस | $\alpha$ ($10^{-5}$ °$C^{-1}$) |
|---|---|
| ऐलुमिनियम | 2.5 |
| पीतल | 1.8 |
| लोहा | 1.2 |
| ताँबा | 1.7 |
| चाँदी | 1.9 |
| सोना | 1.4 |
| काँच | 0.3 |
| सीसा | 0.31 |

तापीय प्रसार के प्रायोगिक उपयोगों में से एक द्विधातुक पत्ती है। ये सामान्यतः तापीय स्विचों की भाँति हीटरों, टोस्टरों, विद्युत प्रेसों व रेफ्रिजरेटरों में काम में लाई जाती हैं।

सारणी 11.2 से हमें ज्ञात होता है कि भिन्न-भिन्न धातुओं का प्रसार भिन्न-भिन्न होता है। कुछ धातुएँ जैसे ऐलुमिनियम, लोहा अन्य धातुओं से दो गुना अधिक फैलती हैं। द्विधातु पत्ती में दो भिन्न धातु की पतली पत्तियों को आपस में वैल्डिंग से लम्बाई में जोड़ देते हैं [चित्र 11.6 (a) व 11.6 (b) देखिए]। प्रारम्भ में (जब ताप कम हो तो) यह पत्ती सीधी रहती है और विद्युत संपर्क बना रहता है। गरम होने पर एक धातु की पत्ती दूसरी से अधिक फैलती है। प्रसार में अन्तर के कारण पत्ती मुड़ जाती है और विद्युत संबंध टूट जाता है। जिससे पत्ती ठंडी हो जाती है और विद्युत संबंध फिर से जुड़ जाता है। चित्र 11.6 में दिखाई गई द्विधातुक पत्ती में धातु 1 का प्रसार धातु 2 से अधिक है। जब इस प्रकार की द्विधातुक पत्ती किसी स्वचालित विद्युत यंत्र, जैसे विद्युत प्रेस में काम में लाई जाती है तो यह स्वचालित स्विच की भाँति काम करती है। इस प्रकार यह विद्युत

प्रेस को प्रयोग करते समय, उसके ताप पर नियंत्रण रख सकती है।

*11.6 (a) : सामान्य ताप पर धातु 1 तथा 2 से बनी द्विधातुक पत्ती।*

*11.6 (b) : गरम करने पर द्विधातुक पत्ती का मुड़ना।*

*11.6 (c) : विद्युत स्विच की भाँति कार्य करती हुई द्विधातुक पत्ती।*

### 11.5.2 ठोस व द्रवों का आयतन प्रसार

यदि हम एक ठोस घन पर विचार करें और उसको गरम करें तो हम पाएँगे कि इसकी लम्बाई, चौड़ाई व ऊँचाई आनुपातिक रूप में बढ़ेगी। परिणामस्वरूप घन के आयतन मे वृद्धि उसके ताप में वृद्धि व प्रारम्भिक आयतन में वृद्धि के समानुपाती होगी।

जहाँ तक द्रवों का प्रश्न है गरम करने पर द्रव के साथ-साथ बर्तन (जिसमें द्रव रखा हैं) का भी प्रसार होता है। जिससे केवल द्रव के प्रसार की ठीक-ठीक माप करना कठिन होता है। यह देखा गया है कि ठोसों की भाँति अधिकतर द्रव व गैसों के आयतन में वृद्धि उनके प्रारम्भिक आयतन व ताप में वृद्धि के समानुपाती होती है। यदि ताप $T_1$ पर किसी निश्चित द्रव्यमान के द्रव या गैस का आयतर $V_1$ हो और ताप $T_2$ तक गरम करने पर $V_2$ हो जाए तो समीकरण (11.2) के समान (यदि ताप-वृद्धि अधिक न हो) हम लिख सकते हैं :

$$V_2 = V_1 [1 + \gamma(T_2 - T_1)] \qquad (11.3)$$

जहाँ $\gamma$ (गामा) आयतन प्रसार गुणांक है।

सारणी 11.3 में कुछ पदार्थों के ठोस व द्रव अवस्थाओं में आयतन प्रसार गुणांक दिए गए हैं।

**सारणी 11.3 : आयतन प्रसार गुणांक**

| *ठोस* | $\gamma$ ($10^{-5}$ °$C^{-1}$) | *द्रव* | $\gamma$ ($10^{-5}$ °$C^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| लोहा | 3.55 | पारा | 18.2 |
| सीसा | 0.84 | पानी | 20.7 |
| पैराफीन | 58.8 | पैट्रोलियम | 89.9 |
| काँच (मृदु) | 2.53 | ऐल्कोहॉल | 122 |

**प्रश्न**

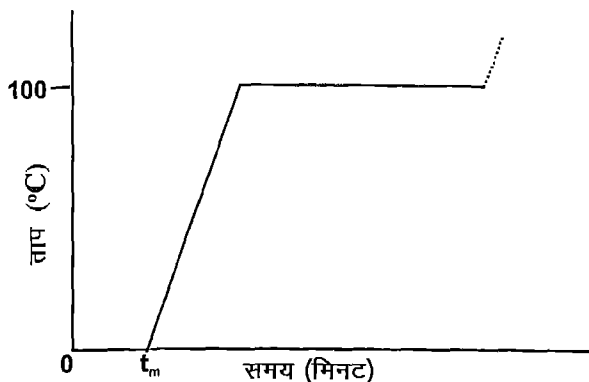
सारणी 11.2 व 11.3 से लोहा व सीसा के रेखीय व आयतन प्रसार गुणांकों की तुलना कीजिए। क्या आप इन दोनों अर्थात् $\alpha$ (ऐल्फा) व $\gamma$ (गामा) के बीच कोई सन्निकट (approximate) संबंध पाएँगे।

आप नोट करेंगे कि $\gamma \approx 3\ \alpha$ (इस अध्याय के अन्त में अभ्यास के लिए प्रश्न 12 देखिए)

## 11.6 अवस्था परिवर्तन

हम सभी पदार्थ की तीन अवस्थाओं से परिचित हैं। उदाहरण के लिए, पानी जो साधारणतः द्रव है, बर्फ के रूप में ठोस अवस्था में, व भाप के रूप में गैस अवस्था में भी रह सकता है। यह अध्ययन करने के लिए कि तापन या शीतलन, पदार्थ की अवस्था में किस प्रकार परिवर्तन करता है, आइए हम निम्नलिखित क्रियाकलाप करें।

**क्रियाकलाप 11.3**

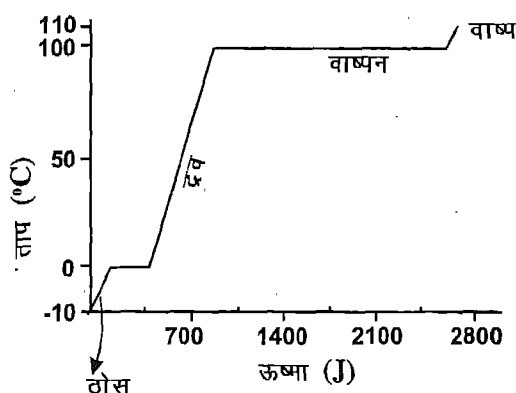
एक बीकर में बर्फ के कुछ क्रिस्टल लीजिए। बर्फ का ताप नोट कीजिए। माना यह 0 °C है। इसको एक स्थिर, किन्तु धीमे ऊष्मा के स्रोत से गरम करना प्रारम्भ कीजिए। प्रत्येक मिनट में इसका ताप नोट करते रहिए। ताप व समय के बीच ग्राफ बनाइए। आप देखेंगे कि प्रारम्भ में जब आप बर्फ को गरम करते हैं तो उसके ताप में कोई वृद्धि नहीं होती। आपको बर्फ व पानी के मिश्रण को हिलाते रहना होगा ताकि पूरे बीकर मे ताप समान रहे। जब तक बीकर में बर्फ है, तब तक आप ताप में परिवर्तन नहीं पाएँगे (ग्राफ 11.7 देखिए)।

*चित्र 11.7 : बर्फ को गरम करने पर उसकी अवस्था में परिवर्तन दिखाते हुए ताप व समय के बीच ग्राफ।*

उपरोक्त प्रक्रम में निकाय (अर्थात् बर्फ, पानी व बीकर) को निरन्तर ऊष्मा देने पर भी उसका ताप नहीं बढ़ता। दी गई (प्रदत्त) ऊष्मा का ठोस अवस्था (बर्फ) को द्रव अवस्था (पानी) में परिवर्तित करने में उपयोग हो रहा है। यह निकाय के ताप मे परिवर्तन के बिना ही होता है। ऊष्मा की वह मात्रा जो 1 kg बर्फ को बिना ताप में परिवर्तन के, पूर्ण रूप से पानी में बदल देती है– **बर्फ की गलन की गुप्त ऊष्मा** कहलाती है। इसका मान 335 kJ है।

### 11.6.1 गलन व वाष्पन की गुप्त ऊष्मा

सामान्यतः ऊष्मा की वह मात्रा जो ठोस के 1 kg द्रव्यमान को उसके गलनांक पर बिना ताप बदले ठोस अवस्था से पूर्णतः द्रव अवस्था में बदल देती है, उस **ठोस की गलन की गुप्त ऊष्मा** (latent heat of melting) कहलाती है। इसके विपरीत यदि 1 kg द्रव, ठोस में बदलता है तो निकाय द्वारा गलन की गुप्त ऊष्मा के तुल्य ऊष्मा का, परित्याग किया जाता है (या ऊष्मा बाहर निकाली जाती है)। इस ऊष्मा को **संगलन की गुप्त ऊष्मा** (latent heat of fusion) कहते हैं।

आइए, हम तापन से संबंधित क्रियाकलाप 11.3 पर फिर से विचार करें। जब पूरी बर्फ पिघल जाती है और हम उसे गरम करना जारी रखते हैं तो हम देखेंगे कि ताप का बढ़ना प्रारम्भ हो जाता है। इसके पश्चात् ताप बढ़ता जाता है और लगभग 100 °C तक पहुँच जाता है और फिर से अचर (अपरिवर्ती) हो जाता है। पानी उबलने लगता है। अब दी गई ऊष्मा का उपयोग पानी को द्रव अवस्था से वाष्प या गैस अवस्था में बदलने में (या परिवर्तित करने में) हो रहा है। ऊष्मा की वह मात्रा जो 100 °C के 1 kg पानी को उसी ताप पर वाष्प में बदलने के लिए आवश्यक है, पानी की **वाष्पन की गुप्त ऊष्मा** (latent heat of vaporisation) कहलाती है। जब वाष्प संघनित होकर पानी बनती है तो वाष्पन की गुप्त ऊष्मा के तुल्य ऊष्मा बाहर निकलती है।

चित्र 11.8 में हमने दी गई ऊष्मा (जूल) व ताप वृद्धि (°C) के बीच एक वक्र (ग्राफ) दिखाया है। यदि हम 1 kg बर्फ को –10 °C पर गरम करते हैं तो, पहले बर्फ का ताप 0 °C तक बढ़ता है, जैसे कि ग्राफ में दिखाया गया है। ध्यान योग्य है कि 0 °C से नीचे ताप पर बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 2.095 kJ/kg °C है, जबकि पानी की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 4.18 kJ/kg °C है।

*चित्र 11.8 : –10 °C के 1 kg बर्फ का ताप 110 °C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा।*

इस ग्राफ से आप देखेंगे कि पानी का ताप दो बार अचर होता है। एक बार 0 °C पर व दूसरी बार 100 °C पर।

> **प्रश्न**
>
> –10 °C के 1 kg बर्फ को 1 °C (के बर्फ) तक गरम करने में कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी ?

सारणी 11.4 में हमने (सामान्य वायुमंडलीय दाब पर) कुछ सामान्य पदार्थों के गलनांक, क्वथनांक, गलन की गुप्त ऊष्मा व वाष्पन की गुप्त ऊष्मा दी है।

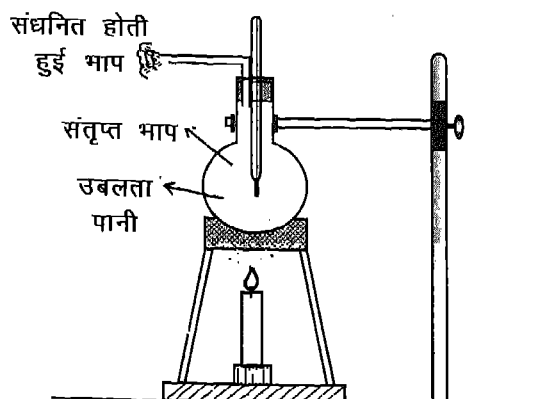
सारणी 11.4 : सामान्य वायुमंडलीय दाब पर कुछ पदार्थों के गलनांक, क्वथनांक, गलन की गुप्त ऊष्मा व वाष्पन की गुप्त ऊष्मा।

| *पदार्थ* | *गलनांक* (°C) | *क्वथनांक* (°C) | *गलन की गुप्त ऊष्मा* (kJ/kg) | *वाष्पन की गुप्त ऊष्मा* (kJ/kg) |
|---|---|---|---|---|
| पानी | 0 | 100 | 335 | 2260 |
| पारा | –39 | 357 | 11.7 | 272 |
| वायु | –212 | –191 | 23.0 | 213 |
| हाइड्रोजन | –259 | –252 | 58.6 | 452 |
| ऑक्सीजन | –219 | –184 | 13.8 | 213 |
| हीलियम | –271 | –268 | – | 25.1 |
| ऐलुमिनियम | 685 | 1800 | 322 | – |
| सोना | 1063 | 2500 | 67.0 | – |

**क्रियाकलाप 11.4**

पानी के उबलने के प्रक्रम को समझने के लिए आइए हम निम्नलिखित क्रियाकलाप करें –

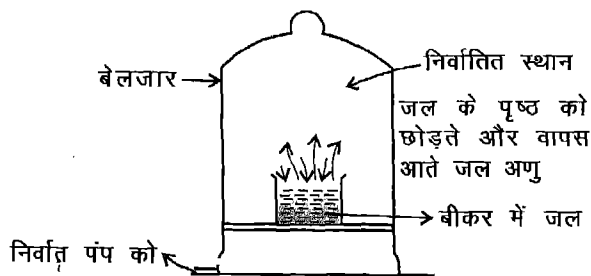
एक फ्लास्क में कुछ पानी लीजिए। इसको एक बर्नर पर रखिए। फ्लास्क में कार्क लगाइए। कार्क में दो छेद होने चाहिए। एक छेद में थर्मामीटर व दूसरे में एक काँच की नली लगाइए, जिससे भाप निकल सके (चित्र 11.9)। जैसे पानी गरम होता है आप देखेंगे कि पहले पानी में घुली वायु बुलबुलों के रूप में बाहर निकलेगी। बाद में फ्लास्क की तली में भाप के बुलबुले बनेंगे। किन्तु जब वे ऊपर आकर ठंडे पानी से मिलते हैं तो वे संघनित हो जाते हैं और अदृश्य हो जाते हैं। अन्त में जब पूरे पानी का ताप 100 °C हो जाता है तो भाप के बुलबुले पानी की सतह तक पहुँच जाते हैं और कहा जाता है कि पानी उबल रहा है। हो सकता है फ्लास्क के भीतर भाप दिखाई न दे किन्तु जब वह फ्लास्क से बाहर आती है तो वह छोटी-छोटी बूंदों के रूप में संघनित होती है जिससे कोहरा जैसा दिखाई पड़ता है।

यदि भाप को बाहर निकालने वाली नली को थोड़ा सा बन्द कर दें ताकि फ्लास्क में कुछ दाब उत्पन्न हो जाए, तो आप देखेंगे कि पानी उबलना बन्द हो गया है। उबलना (क्वथन) फिर से प्रारम्भ करने के लिए कुछ और ऊष्मा की आवश्यकता होगी ताकि पानी का ताप कुछ डिग्री और बढ़ जाए (यह दाब में वृद्धि पर निर्भर करेगा)। (अर्थात् दाब बढ़ने पर पानी 100 °C पर न उबलकर 100 °C से अधिक ताप पर उबलेगा)।

*चित्र 11.9 : पानी का उबलना।*

अब हम बर्नर को हटा देते हैं। पानी को क्वथनांक से कम ताप (माना 60 °C) तक ठंडा होने देते हैं। अब यदि पानी की सतह पर दाब कुछ कम करेंगे तो आप देखेंगे कि पानी इसी ताप (100 °C से कम) पर भी उबलने लगेगा। इससे यह प्रदर्शित होता है कि क्वथन (उबलना) ताप पर ही नहीं वरन् द्रव के ऊपर दाब पर भी निर्भर करता है। यही कारण है कि ऊँचाई पर स्थित स्थानों में (जैसे पहाड़ों पर) जहाँ वायु दाब कम होता है, पानी समुद्र की सतह की तुलना में कम ताप पर उबल जाता है। दूसरी ओर, यदि द्रव की सतह पर दाब बढ़ा

दिया जाए, जैसे कि प्रेशर कुकर में, तो क्वथन सामान्य ताप से अधिक ताप पर होता है। जब हम पानी को गरम करते हैं तो ताप में वृद्धि द्रव के अणुओं की चाल को बढ़ा देती है। ताप के बढ़ने के साथ-साथ जैसे-जैसे चाल बढ़ती जाती है अणु प्रचंड रूप से गति करने लगते हैं। इससे कुछ अणुओं की ऊर्जा उनकी वाष्प अवस्था की ऊर्जा के लगभग बराबर हो जाती है। जब वाष्प दाब, द्रव की सतह पर लगने वाले वायुमंडलीय दाब के बराबर होता है या उससे अधिक होता है, तो वाष्प से भरे बुलबुले बनने लगते हैं और पानी उबलने लगता है। अतः किसी द्रव के क्वथनांक की परिभाषा इस प्रकार की जाती है : *'किसी द्रव का क्वथनांक वह ताप है जिस पर द्रव के भीतर वाष्प-दाब द्रव की सतह पर वायुमंडलीय दाब के बराबर होता है।'* किसी द्रव का वाष्पीकरण उन सभी तापों पर होता है जिन पर वह द्रव अवस्था में रह सकता है।

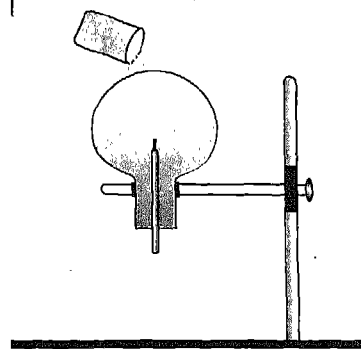
कुछ ठोस पदार्थ गरम करने पर सीधे वाष्प अवस्था में परिवर्तित हो जाते हैं, इस अवस्था-परिवर्तन को **ऊर्ध्वपातन** कहते हैं।

नैफ्थलीन, ठोस कार्बन डाइआक्साइड (शुष्क हिम), कपूर, अमोनियम क्लोराइड तथा आयोडीन कुछ ऐसे पदार्थ हैं जिनका ठोस अवस्था से, बिना द्रव अवस्था में परिवर्तन के ही, वाष्प में परिवर्तन हो जाता है।

*चित्र 11.10 : जलवाष्प व जल साम्यावस्था में। द्रव के ऊपर का स्थान संतृप्त वाष्प से भरा है।*

यदि एक द्रव किसी बर्तन में रखा हो और द्रव के ऊपर से वायु निकाल ली जाए तो द्रव के अणु सतह को छोड़कर उसके ऊपर के स्थान में एकत्र हो जाएँगे। (चित्र 11.10 देखिए)। अन्य अणुओं से टक्कर के कारण कुछ अणु वापस आ जाएँगे। जब द्रव की सतह को छोड़कर जाने वाले अणुओं की संख्या सतह पर वापस आने वाले अणुओं की संख्या के बराबर हो जाती है तो, एक सन्तुलन की स्थिति आ जाती है और द्रव के ऊपर की वाष्प को **संतृप्त** कहा जाता है। इस स्थिति में वाष्प के दाब को **संतृप्त वाष्प दाब** (Saturated vapour Pressure) कहा जाता है।

**क्रियाकलाप 11.5**

एक खुले फ्लास्क में पानी उबालिए। इसमें थर्मामीटर लगा हुआ एक कार्क लगाइए। फ्लास्क को उलट दीजिए और फ्लास्क के ऊपर तुरन्त ठंडा पानी डालिए ताकि भाप का दाब ढक्कन को निकाल न फेंके (चित्र 11.11 देखिए)। जब फ्लास्क के ऊपर ठंडा पानी डाला जाता है तो उसका ताप कम हो जाता है किन्तु पानी उबलता ही रहता है। फ्लास्क को लगभग 65°C तक ठंडा होने दीजिए। पानी का उबलना बन्द हो जाता है। फ्लास्क के ऊपर कुछ और ठंडा पानी डालिए। ताप और कम हो जाता है परन्तु पानी का उबलना फिर प्रारम्भ हो जाता है।

इस क्रियाकलाप से आप पाते हैं कि पानी को उसके सामान्य क्वथनांक से कम ताप पर भी उबाला जा सकता है।

*चित्र 11.11 : ठंडा करने से पानी का उबलना।*

### 11.6.2 वाष्पन

वाष्पन (evaporation) वह घटना है जिसमें केवल उच्च ऊर्जा वाले अणु ही द्रव के तल को छोड़ते हैं। अतः शेष अणुओं की औसत आण्विक ऊर्जा कम हो जाती है। फलस्वरूप शेष द्रव के ताप में कमी हो जाती है। अतः वाष्पन से शीतलन होता है।

क्या आप दैनिक जीवन से कुछ ऐसे उदाहरण दे सकते हैं जहाँ हम वाष्पन द्वारा शीतलन (ठंडक) का अनुभव करते हैं।

1. गर्मी के मौसम में पसीना आने से शरीर को ठंडक मिलती है क्योंकि नमी (आर्द्रता) हमारी त्वचा से वाष्पित होती है।

2. गरम, धूप वाले दिन के पश्चात् आपने लोगों को घर की छत या खुले स्थानों में पानी छिड़कते देखा होगा। पानी की वाष्पन की गुप्त ऊष्मा बहुत अधिक होने के कारण वह गरम तलों को शीघ्रता से ठंडा करता है।

3. मिट्टी के बरतनों (जैसे सुराही या मटके) में बहुत ही सूक्ष्म छिद्र होते हैं। पानी इनसे बाहर आ जाता है और मटके या सुराही की सतह से वाष्पित होता है जिससे पानी सहित पूरा निकाय ठंडा हो जाता है। फलस्वरूप इनमें रखा पानी भी ठंडा हो जाता है।

### 11.6.3 आपेक्षिक आर्द्रता

स्टील के गिलास में बर्फीला, ठंडा पानी डालिए। शीघ्र ही हम गिलास की बाहरी सतह पर पानी को संघनित होते देखेंगे। यह पानी वायुमंडल से अवशोषित किया गया है और यह वायुमंडल में जलवाष्प की उपस्थिति को प्रदर्शित करता है। क्या आप जानते हैं कि वायुमंडल में पानी कहाँ से आता है ?

जब आप धूप में गीले कपड़ों को डालते हैं तो वे शीघ्र ही सूख जाते हैं। कपड़ों के तन्तुओं में लगा पानी वाष्पित होकर वायुमंडल का एक भाग बन जाता है। इस प्रकार झीलों, नदियों, व महासागरों से पानी की बहुत बड़ी मात्रा वाष्पित होती है। वायु किसी दिए गए ताप पर जलवाष्प की एक निश्चित मात्रा से अधिक नहीं रख सकती। जब वायु में जल वाष्प की अधिकतम मात्रा उपस्थित होती है तो वायु को **संतृप्त** कहा जाता है।

सारणी 11.5 में पानी की वह मात्रा दी गई है जो (सामान्य दाब पर) विभिन्न तापों पर एक घनमीटर ($1m^3$) वायु को संतृप्त कर सकती हैं।

**सारणी 11.5 : $1m^3$ वायु को संतृप्त करने के लिए आवश्यक पानी की मात्रा (kg में)**
**(सामान्य दाब पर)**

| ताप (°C) | 10 | 20 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|
| पानी का द्रव्यमान ($10^{-3}$kg) | 9.3 | 17.1 | 30.0 | 51.0 |

**प्रश्न**

यदि 1 $m^3$ वायु को जो 40 °C पर संतृप्त है, 30 °C तक ठंडा किया जाए तो सारणी 11.5 की सहायता से यह ज्ञात कीजिए कि कितना पानी संघनित हो जाएगा ?

हमारे वायुमंडल में वायु कभी-कभी ही संतृप्त होती है। इसमें अधिकतम सीमा से बहुत कम जलवाष्प होती है। मान लीजिए एक निश्चित ताप पर 1 $m^3$ वायु में $m$ kg जलवाष्प उपस्थित है जबकि संतृप्त होने पर 1 $m^3$ वायु $m_s$ kg जलवाष्प रख (धारण कर) सकती है तो राशि $(m/m_s) \times 100$ को आपेक्षिक आर्द्रता (relative humidity) कहते हैं।

आपेक्षिक आर्द्रता अधिक होने पर हमको उमस लगती है, गीले कपड़े आसानी से नहीं सूखते। 22 °C व 25 °C के बीच ताप के साथ 50% आपेक्षिक आर्द्रता को सुखद (आरामदेह) समझा जाता है। क्या आप विभिन्न नगरों की आपेक्षिक आर्द्रता की सूचना देने वाले मौसम–चार्टों को समाचार– पत्रों में पढ़ते हैं या टी.वी.में देखते हैं ?

## आपने क्या सीखा

- वस्तु की तप्तता (या शीतलन) की कोटि की माप को ताप कहते हैं। ताप को विभिन्न मापक्रमों से मापा जा सकता है जैसे सेल्सियस, कैल्विन या फारेनहाइट। तथापि, यहाँ हम केवल सेल्सियस व कैल्विन मापक्रमों का प्रयोग करेंगे।
- थर्मामीटर (तापमापी) किसी वस्तु का ताप मापने की एक युक्ति है। जब थर्मामीटर पर्याप्त समय तक किसी वस्तु के सम्पर्क में रखा जाता है तो तापीय साम्य की स्थिति आ जाती है तथा एक से दूसरे की ओर ऊष्मा का संचरण नहीं होता। इस

स्थिति में कहा जाता है कि दोनों का ताप समान है।

- ऊष्मा को अणुओं के गति की ऊर्जा माना जाता है। ऊष्मा की वृद्धि से आण्विक गति बढ़ जाती है व ऊष्मा के क्षय से आण्विक गति कम हो जाती है।
- किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता उसके 1 kg द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा है। इसका मान पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है। इसका SI मात्रक kJ/kg °C है।
- अधिकतर पदार्थ गरम करने पर फैलते हैं और ठंडा करने पर सिकुड़ते हैं। इस गुण को रैखिक व आयतन प्रसार से मापा जाता है। किसी पदार्थ के रैखिक प्रसार गुणांक को प्रति मात्रक ताप वृद्धि के कारण, प्रति इकाई (एकांक) लम्बाई में वृद्धि से परिभाषित किया जाता है। इसी प्रकार पदार्थ का आयतन प्रसार गुणांक प्रति इकाई ताप वृद्धि के कारण प्रति इकाई (एकांक) आयतन में होने वाली वृद्धि है।
- पदार्थ की तीन अवस्थाएँ होती हैं। किसी ठोस के 1 kg द्रव्यमान को उसके गलनांक पर बिना ताप में परिवर्तन के द्रव अवस्था में परिवर्तन करने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस ठोस की गलन की गुप्त-ऊष्मा कहते हैं। इसी प्रकार किसी 1 kg द्रव को उसके क्वथनांक पर बिना ताप परिवर्तन के वाष्प में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उसकी वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं।
- किसी द्रव का उबलना उसके ताप पर ही नहीं वरन् उसकी सतह (पृष्ठ) पर कार्यकारी दाब पर भी निर्भर करता है। द्रव का क्वथनांक वह ताप है जिस पर द्रव के अन्दर वाष्प दाब उसकी सतह (पृष्ठ) वायुमंडलीय दाब के बराबर हो जाता है।
- जब द्रव की सतह को छोड़कर जाने वाले अणुओं की संख्या सतह पर वापस आने वाले अणुओं की संख्या के बराबर हो (अर्थात् साम्य स्थिति हो) तो, द्रव की सतह के ऊपर वाष्प दाब को संतृप्त दाब कहते हैं।
- वाष्पन से शीतलन उत्पन्न होता है।
- यदि किसी निश्चित ताप पर 1 $m^3$ वायु में $m$ kg जल वाष्प हो और उसी ताप पर इसी वायु को संतृप्त करने के लिये $m_s$ kg जल वाष्प आवश्यक हो तो $(m/m_s) \times 100$ को वायु की आपेक्षिक आर्द्रता कहा जाता है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. निम्नलिखित सेल्सियस मापों को कैल्विन मापकम में परिवर्तित कीजिए :
   –273 °C, –100 °C, – 40 °C, 30 °C, 2000 °C
2. ऊष्मा व ताप में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
3. लोहे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 0.419 kJ/kg °C है। इस कथन से क्या तात्पर्य है ?
4. परिभाषित कीजिए–
   (a) रेखीय प्रसार गुणांक (b) आयतन प्रसार गुणांक।
5. एक सरल लोलक पीतल के तार से लटका है। यदि 5 °C पर उसकी लम्बाई 1.4 m है तो 25 °C पर लोलक के दोलनकाल में परिवर्तन की गणना कीजिए। [$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ उपयोग कीजिए।]
6. शीतलन के लिए 0 °C के पानी की अपेक्षा 0 °C की बर्फ अधिक प्रभावी क्यों होती है ?
7. उबलते पानी व उसी ताप की भाप में से, किससे जलन अधिक कष्टकर होती है ? कारण स्पष्ट कीजिए।

8. एक किलोग्राम पानी का ताप 20 °C से 100 °C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊर्जा का मान जूल (J) में व्यक्त कीजिए।

9. यदि 80 °C ताप पर 2 kg पानी, 20 °C ताप पर 10 kg पानी भरी बाल्टी में मिलाया जाए तो पानी का अंतिम ताप क्या होगा ? अपनी गणना में बाल्टी द्वारा ली जाने वाली ऊष्मा की उपेक्षा करें।

10. 500 m लम्बी स्टील की बनी रेल की पटरियाँ 20 °C पर लगाई गईं। दो पटरियों के बीच कम से कम कितना स्थान छोड़ा जाए, यदि अधिकतम संभावित ताप 50 °C हो ? स्टील का रेखीय प्रसार गुणांक = $11 \times 10^{-6}$ °C$^{-1}$ है।

11. एक 1 kg का हथौड़ा 50 m/s के वेग से 200 g की लोहे की कील से टकराकर उसे लकड़ी के एक टुकड़े में ठोंक देता है। यदि हथौड़े की 50% ऊर्जा कील को गरम करने में लग जाती है तो कील के ताप में कितनी वृद्धि होगी। [लोहे की विशिष्ट ऊष्मा धारिता सारणी 11.1 से देखिए।]

12. $T_1$°C ताप पर किसी घन की भुजा $L_1$ है। $T_2$°C तक गरम करने पर प्रत्येक भुजा की लम्बाई $L_2$ हो जाती है। समीकरण (11.3) का प्रयोग करते हुए सिद्ध कीजिए कि $\gamma = 3\alpha$।

13. पारे का घनत्व 0 °C पर 13.596 g/cm$^3$ है। 100 °C पर इसका घनत्व ज्ञात कीजिए।

14. –10 °C के 500 g बर्फ को 100 °C की भाप मे परिवर्तित करने के लिए कितनी ऊर्जा की (जूल में) आवश्यकता होगी। (बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 2.095 kJ/kg °C है।)

15. एक जल–प्रपात (झरना) में 15 °C का पानी 50 m ऊँचाई से गिर रहा है। पृथ्वी से टकराते समय पानी के ताप मे हुए परिवर्तन की गणना कीजिए।
[$g = 10$ m/s$^2$]

अध्याय

# तरंग गति और ध्वनि
## (Wave Motion and Sound)

**अ**ध्याय 7 और 8 में आप गति व बल के बारे में पढ़ चुके हैं। आपने सरल रेखा में अचर वेग से गतिशील वस्तुओं की गति का अध्ययन किया है। आपने अचर त्वरण वाली गति का भी अध्ययन किया है। आप, मुक्त रूप से गिरते हुए किसी पत्थर की, क्रिकेट के खेल में किसी खिलाड़ी द्वारा हिट की गई गेंद की या बंदूक से दागी गई गोली की, गतियों से परिचित हैं। आइए, अब हम गति के निम्नलिखित उदाहरणों पर विचार करें :

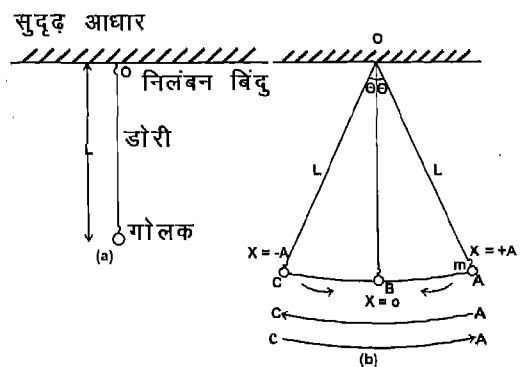
(a) झूले की गति, (b) घड़ी की सुइयों की गति, तथा (c) सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की गति।

यह गतियाँ उन गतियों से किस प्रकार भिन्न हैं, जिनकी चर्चा पहले अध्यायों में की जा चुकी है?

ध्यान दीजिए, इन तीनों ही उदाहरणों में गतियों की बार-बार पुनरावृत्ति होती है, अर्थात् ये सभी गतियाँ एक निश्चित समय-अंतराल के बाद दोहराई जाती हैं। किसी वस्तु की इस प्रकार की गति जो किसी नियत समय-अंतराल के पश्चात्, नियमित रूप से दोहराई जाती है, **आवर्ती गति** (periodic motion) कहलाती है। इन आवर्ती गतियों में, झूले की गति इस प्रकार की है कि झूला अपनी माध्य-स्थिति (साम्यावस्था की स्थिति) के इधर-उधर गति करता है। इस प्रकार की गति को **दोलन गति** या **कंपन** (vibratory) **गति** कहते हैं। दोलन गतियों का एक सामान्य लक्षण यह है कि ये गतियाँ वस्तु की साम्यावस्था की स्थिति के दोनों ओर आवर्ती और पुनरावर्ती होती हैं। हमारे दैनिक जीवन की, कई भौतिक परिघटनाओं जैसे तरंगों और तरंग-गति में भी, दोलनों या कंपनों की महत्त्वपूर्ण भूमिका है।

अब हम सरल लोलक या पैंडुलम (simple pendulum) की गति की चर्चा करेंगे, आप देखेंगे कि यह गति भी सरल आवर्त गति है।

### 12.1 सरल लोलक

इटली के भौतिकविद् गैलीलिओ (1564–1642), ने एक भोज के समय, लंबी चेन से लटके किसी झाड़-फानूस अथवा लैम्प की गति का प्रेक्षण (observation) किया। उन दिनों घड़ियाँ तो होती नहीं थीं अतः उन्होंने दोलन करते लैम्प के एक सिरे से दूसरे सिरे तक जाने का समय (अर्थात् एक बार झूलने का समय), अपनी नाड़ियों की धड़कन को, घड़ी की भाँति काम में लाकर मापा। इस प्रकार उन्होंने पाया कि, लैम्प द्वारा एक बार झूलने में लिया गया समय हर बार वही है। इन प्रेक्षणों से उन्होंने यह परिणाम निकाला कि लैम्प की गति आवर्ती है। हम न केवल गैलीलिओ के प्रेक्षणों को दोहरा सकते हैं, वरन् एक सरल व्यवस्था जिसे **सरल लोलक** कहते हैं, की सहायता से काफी सीख भी सकते हैं। सरल लोलक (या पैंडुलम) एक छोटा तथा भारी पिंड होता है, जिसे चित्र 12.1(a) में दर्शाए अनुसार गोलक कहते हैं। इस गोलक को एक पतले, हल्के, लंबे व मजबूत धागे (डोरी) से बाँधकर किसी सुदृढ़ आधार से लटका दिया जाता है [चित्र 12.1(a)]।

*चित्र 12.1 (a) सरल लोलक या पैंडुलम, तथा (b) सरल आवर्त गति करता हुआ गोलक।*

मान लीजिए हम कोई छोटा पत्थर लेकर उसे 60 cm से 140 cm तक के लंबे धागे से बाँध कर, किसी सुदृढ़ आधार से लटका देते हैं। ध्यान रखिए, यह मुक्त रूप से झूल सके या दोलन कर सके। पत्थर को धीरे से एक ओर थोड़ी दूरी तक विस्थापित करके छोड़ दीजिए। लोलक या पैंडुलम चित्र 12.1(b) में दर्शाए अनुसार, दोलन करने लगेगा। इस प्रकार की दोलन गति को **आवर्त गति** कहते हैं।

समय के किसी क्षण $t$ पर, गोलक का कोणीय विस्थापन, उस कोण $\theta$ के पदों में मापा जाता है जो वह गोलक उस समय ऊर्ध्वाधर दिशा से बनाता है। साम्यावस्था में, बिंदु B पर, जहाँ गोलक सामान्यतः विराम में रहता है, धागा ऊर्ध्वाधर होता है। लोलक, साहुल-सूत्र की भाँति ऊर्ध्वाधर लटकता है। जब गोलक को एक ओर थोड़ा खींचकर छोड़ दिया जाता है, तो वह चित्र 12.1(b) में दर्शाए अनुसार, अपनी साम्यावस्था की स्थिति B के परितः (इधर-उधर) दोलन गति करने लगता है।

सरल लोलक के दोलन करने का कारण क्या है ?

आपने देखा कि जब पैंडुलम के गोलक को एक ओर ले जाकर छोड़ दिया जाता है, तो वह दोलन करने लगता है। जब गोलक अपनी अधिकतम विस्थापन की स्थिति C अथवा A से साम्यावस्था की स्थिति B की ओर लौटता है, तो गुरुत्व बल के प्रभाव में गिरता है [चित्र 12.1(b)] और संवेग प्राप्त करता है। परिणामतः गोलक अपनी साम्यावस्था की स्थिति पर न रुक कर और आगे निकल जाता है। गोलक पर कार्यरत गुरुत्व बल तथा धागे में तनाव, दोनों मिलकर एक प्रत्यानयन बल (restoring force) प्रदान करते हैं, जो गोलक को उसकी माध्य अथवा साम्यावस्था की स्थिति पर वापस लाने का प्रयास करता है।

आइये, अब हम सरल लोलक से संबंधित कुछ महत्त्वपूर्ण पदों की परिभाषा करें।

उस बिंदु, जहाँ से सरल लोलक लटकाया गया है, से लेकर गोलक के गुरुत्व केंद्र तक की दूरी को लोलक की **लंबाई** कहते हैं। इसको प्रायः $L$ से प्रदर्शित करते हैं। इस प्रकार लोलक की लंबाई, धागे की लंबाई व गोलक की त्रिज्या (यदि गोलक गोलाकार हो) के योग के बराबर होती है। गोलक की माध्य स्थिति अथवा साम्यावस्था की स्थिति के दोनों ओर गोलक के अधिकतम विस्थापन को, लोलक का **आयाम** कहते हैं।

चित्र 12.1(b) में BA या BC आयाम हैं। आयाम को कोण $\theta$ के रूप में भी व्यक्त किया जाता है। गोलक का अपनी गति में, एक ओर की चरम स्थिति से दूसरी ओर की चरम स्थिति तक, और फिर पहली ओर की चरम स्थिति तक वापस आने को, लोलक का **एक दोलन** कहते हैं। चित्र 12.1(b) में, गोलक को A से C तक तथा फिर C से A तक वापस आना, लोलक का **एक दोलन** है। ध्यान रखिए, गोलक का B से C तक जाना तथा फिर C से B तक वापस आना आधा दोलन है। यह भी याद रखिए, मूल स्थिति B से एक चरम स्थिति C तक जाना तथा C से दूसरी चरम स्थिति A पर पहुँचकर फिर वापस मूल स्थिति B पर लौटना भी, एक दोलन ही है।

लोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लगा समय, उसका **दोलन काल या आवर्त काल** कहलाता है। इसको प्रायः $T$ से प्रकट किया जाता है। इसका मात्रक सेकंड है।

यदि किसी लोलक का आवर्त काल $T$ हो तो यह 1 सेकंड में कितने दोलन करेगा ? ध्यान दीजिए लोलक एक सेकंड में $(1/T)$ दोलन करेगा। इस राशि $(1/T)$ को **लोलक की आवृत्ति** कहते हैं। आवृत्ति को प्रायः ग्रीक अक्षर $\nu$ (न्यू ) से प्रकट करते हैं, यह $(1/T)$ के बराबर होती है, अर्थात्

$$\nu = 1/T \qquad (12.1)$$

आवृत्ति का SI मात्रक हर्ट्ज़ (hertz, प्रतीक Hz) है, जो जर्मनी के भौतिकविद् हैनरिच हर्ट्ज़ (1857–1894) के सम्मान में रखा गया है।

ध्यान दीजिए, गोलक द्वारा B से A, A से B, B से C अथवा C से B तक जाने में लिया गया समय समान है, जो $(T/4)$ अर्थात् लोलक द्वारा एक चौथाई दोलन पूरा करने में लगने वाले समय के संगत है।

नियत आयाम के आवर्त दोलन को **सरल आवर्त गति** (Simple Harmonic Motion) कहते हैं। सरल लोलक, अपनी साम्यावस्था की स्थिति के परितः सरल आवर्त गति करता है।

प्रयोगात्मक कार्य में आप सरल लोलक का उपयोग किसी स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण ($g$) का मान ज्ञात करने के लिए करेंगे। इसके लिए आपको लोलक की लंबाई और आवर्त काल को मापना होगा। आप पाएँगे कि लोलक का आवर्त काल बहुत कम है और इसकी ठीक-ठीक (यथार्थ) माप बहुत कठिन है। अतः, आपको कई दोलनों का समय जैसे, 20 दोलनों का समय मापना चाहिए। इस समय को 20 से भाग करने पर आपको 1 दोलन का समय अर्थात् लोलक का आवर्त काल ($T$) मिल जाएगा।

यदि आयाम कम हो, तो किसी स्थान पर किसी

लोलक का आवर्त काल ($T$) उसकी लंबाई व उस स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण ($g$) पर निर्भर करता है। इसे निम्नलिखित संबंध द्वारा व्यक्त किया जाता हैं,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad (12.2)$$

वह लोलक जिसका आवर्त काल 2 सेकंड होता है, **सेकंड लोलक** कहलाता है।

समीकरण (12.2) पर ध्यान दीजिए। किसी लोलक का आवर्त काल उसकी लंबाई ($L$) व प्रयोग किए जाने वाले स्थान के गुरुत्वीय त्वरण ($g$) पर निर्भर करता है। दो समान लंबाई के लोलकों में से यदि एक पृथ्वी पर हो और दूसरा चंद्रमा पर, तो दोनों का आवर्त काल भिन्न-भिन्न होगा। तथापि, आवर्त काल गोलक के पदार्थ व द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता।

**उदाहरण 12.1**

उस लोलक की लंबाई ज्ञात कीजिए जो हर दिशा में झूलने में 1.0 s लेता है।

**हल :** यह एक सेकंड लोलक है, जिसका आवर्त काल 2.0 s है। अब, किसी लोलक का आवर्त काल,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

या, $$T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$$

या, $$L = \frac{gT^2}{4\pi}$$

$$= \frac{(9.8\,\mathrm{m/s^2})\times(2\mathrm{s})^2}{4\pi^2} = 0.99\ \mathrm{m}$$

इस प्रकार, इस लोलक की लंबाई $L = 0.99\,\mathrm{m} = 99\,\mathrm{cm}$

**प्रश्न**

1. गुरुत्वविहीन अंतरिक्ष में किसी सरल लोलक के दोलन की आवृत्ति क्या होगी ?
2. यदि 84 cm लंबाई के किसी लोलक को चंद्रमा पर ले जाएँ, जहाँ गुरुत्वीय त्वरण, पृथ्वी की तुलना में 1/6 है, तो वहाँ उसका आवर्त काल क्या होगा ? *पृथ्वी पर 'g' का मान* 9.8 m/s² *है।*

**दोलन गति के संदर्भ में चलने के प्रक्रम की विवेचना**

लोलक की लंबाई के साथ उसके आवर्त काल में परिवर्तन का कुछ संबंध हमारे दैनिक जीवन के कार्यों से भी है। सामान्य रूप से चलते समय हमारा वेग लगभग वही होता है, जो टाँगों को दोलन करती हुई छड़ें मानने से होता। किन्तु, दौड़ने में आगे की ओर गति करते समय टाँगें मुड़ जाती हैं। इससे उनकी प्रभावी लंबाई घट जाती है, जिसके फलस्वरूप उनका आवर्त काल कम हो जाता है। आपने ध्यान दिया होगा कि मुड़ी हुई टाँगें, सीधी दृढ़ टाँगों से अधिक तेज चलती हैं, जिससे कम परिश्रम करना पड़ता है। साथ ही तब हमारी भुजाएँ टाँगों की गति की विपरीत दिशा में गति करती हैं, जिससे हमारे शरीर का संतुलन बना रहता है। तथापि, इनको मोड़ कर रखा जाता है ताकि इनकी लंबाई कम हो जाए जिससे इनका आवर्त काल घट जाए। ऐसी स्थिति में हमें इनको शीघ्रता से आगे-पीछे करने में कम परिश्रम करना पड़ता है।

किसी सरल लोलक के दोलनों का कुछ समय तक प्रेक्षण करके नोट कीजिए कि क्या उसके आयाम में कुछ परिवर्तन होता है। यदि आप पर्याप्त समय तक प्रेक्षण करते रहें तो आप देखेंगे कि दोलनों का आयाम कम होता जाता है और अंत में लोलक रुक जाता है। आयाम का कम होना मुख्यतः वायु तथा निलंबन बिंदु पर (जहाँ लोलक को लटकाया गया है) घर्षण के कारण है। यदि हम लोलक को ऐसी नली में, या ऐसे कक्ष में रख दें जहाँ से वायु निकाल दी गई हो, तो लोलक अधिक समय तक दोलन करेगा।

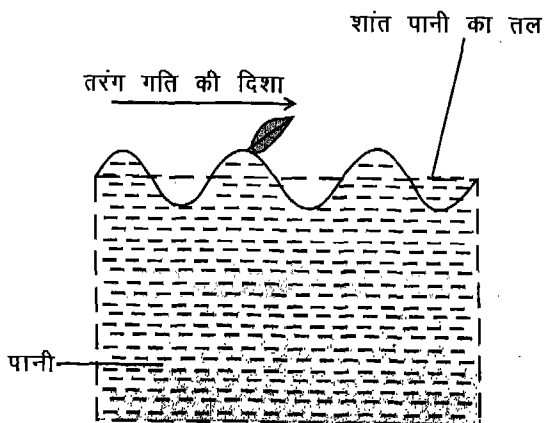
ध्यान रखिए कि वास्तविक जीवन की परिस्थितियों में यांत्रिक दोलन पूरी तरह आवर्ती या सरल आवर्ती नहीं होते। आप संभवतः इस तथ्य से परिचित होंगे कि, झूले में बैठकर यदि आप अपनी टाँगों को समय-समय पर हिलाते रहें तो आप झूले के दोलनों को न केवल बनाये रख सकते हैं, बल्कि उन्हें बढ़ा भी सकते हैं। वास्तव में, इस क्रिया में आप अपनी पेशीय ऊर्जा, झूले आदि–निकाय की यांत्रिक ऊर्जा को स्थानांतरित कर रहे हैं।

ध्यान दें कि समीकरण 12.2 तभी लागू होती है जब आयाम बहुत कम होता है। कम आयाम (ऊर्ध्वाधर रेखा के दोनों ओर लगभग 20°) के लिए सरल लोलक की गति सरल आवर्त गति होती है। इसकी आवृत्ति दोलन

के आयाम पर निर्भर नहीं करती और दी गई लंबाई के लिए लोलक का दोलन स्थिर (समान) रहता है। जब आयाम कम नहीं होता तो लोलक की गति सरल आवर्त गति नहीं होती।

## 12.2 तरंग गति

आपने किसी तालाब के रुके हुए पानी में छोटे-छोटे कंकड़ डालने का आनंद लिया होगा। आपने देखा होगा कि पानी की सतह (या पृष्ठ) विक्षुब्ध (disturbed) हो जाती है। जहाँ पर कंकड़ पानी में गिरता है, वहाँ (उस बिंदु पर) विक्षोभ (disturbance) उत्पन्न होता है। इस विक्षोभ को संकेंद्र वृत्तों की श्रेणी या ऊर्मिकाओं (ripples) के रूप में, बाहर की ओर आगे बढ़ते देखना, एक अच्छा दृश्य है। यह विक्षोभ उसी स्थान तक सीमित नहीं रहता जहाँ कंकड़ ने पानी की सतह पर विक्षोभ उत्पन्न किया था, किंतु, यह बाहर की ओर बढ़ता रहता है। बढ़ती हुई त्रिज्या के ये संकेंद्र वृत्त, अंत में सब भागों में पहुँच जाते हैं और तालाब के किनारों से टकराते हैं।

पानी की सतह (या पृष्ठ) की गति को अधिक ध्यान से देखने के लिए, हम एक सूखा पत्ता या एक कॉर्क का टुकड़ा विक्षुब्ध पानी की सतह पर रख देते हैं। आप क्या देखते हैं ? सूखा पत्ता या कॉर्क का टुकड़ा ऊपर-नीचे गति करता है, किंतु, ऊर्मिकाओं के साथ आगे नहीं बढ़ता। यह क्या प्रदर्शित करता है ? यह स्पष्टतः प्रकट करता है कि, पानी के कण ऊर्मिकाओं के साथ आगे नहीं बढ़ते, वरन् केवल ऊपर-नीचे गति करते हैं, जैसा चित्र 12.2 में दिखाया गया है।

*चित्र 12.2 : पानी की सतह पर ऊर्मिकाओं की गति के साथ सूखे पत्ते की ऊपर-नीचे होती हुई गति।*

आइए, इस स्थिति को हम और अधिक ध्यान से देखें।

जब कंकड़ शांत पानी में प्रवेश करता है, तो वह पानी के कणों या अणुओं को गति में ले आता है। ये कण अपने पास के कणों को गति में लाते हैं। यह प्रक्रम, तब तक चलता रहता है, जब तक कि विक्षोभ तालाब के किनारों तक नहीं पहुँच जाता। इस प्रकार, माध्यम (अर्थात् पानी) के कण लोलक के गोलक की तरह अपनी मूल स्थिति पर दोलन करते हैं, किंतु कोई कण अपनी मूल स्थिति से दूर नहीं जाता। केवल विक्षोभ ही पानी से होकर जाता है। पानी की ऊर्मिकाएँ (ripples) ऊर्जा को तो आगे ले जाती हैं, किंतु पदार्थ या द्रव्यात्मक वस्तु का परिवहन या अभिगमन नहीं होता। इस विक्षोभ को **तरंग** (Wave) और इसके संचरण (propagation) को **तरंग गति** (Wave Motion) कहते हैं।

क्या तरंग के संचरण के लिए किसी द्रव्यात्मक माध्यम की आवश्यकता होती है ?

आप पढ़ चुके हैं कि किसी माध्यम में तरंग की गति, माध्यम के उत्तरोत्तर अवयवों (constituents) या कणों की एक दूसरे पर क्रिया का परिणाम है। याद रखिए कि, इस प्रकार की तरंग केवल उस माध्यम से होकर जा सकती है जिसमें कुछ प्रत्यास्थता (elasticity) या स्प्रिंग का सा गुण हो।

यदि सभी कण एक दूसरे से पूर्ण रूप से मुक्त हों, तो उनसे होकर कोई तरंग नहीं जा सकती। आपको याद रखना चाहिए कि, कोई तरंग किसी माध्यम, जैसे, पानी, वायु, तानित डोरी (stretched string), कुंडलित कमानी (स्प्रिंग), से होकर तभी जा सकती है, जब वह, उस माध्यम से होकर जाने में, उसके कणों को दोलन करने के लिए प्रेरित कर सके। ऐसा तभी हो सकता है जब माध्यम में 'जड़त्व' या द्रव्यमान हो, ताकि गतिज ऊर्जा संचित (stored) हो सके। तब कण अपनी मूल स्थिति से पार निकल सकते हैं। साथ ही माध्यम में प्रत्यास्थता अवश्य होनी चाहिए, ताकि, स्थितिज ऊर्जा संचित हो सके। तब माध्यम के कण विस्थापित होने के पश्चात् अपनी मूल स्थिति में आने का प्रयत्न करते हैं। किसी माध्यम के ये दोनों गुण ही तय करते हैं कि तरंग उस माध्यम में कितनी तेज (तीव्र गति से) संचरित होगी।

इसके अतिरिक्त, माध्यम का एक समान घनत्व होना चाहिए, और इसके कणों के बीच में न्यूनतम घर्षण बल होना चाहिए, ताकि यह सुनिश्चित हो सके कि कण लंबे समय तक दोलन करते रहें। इस प्रकार, ऊर्जा की क्षति न्यूनतम होगी और तरंग माध्यम में पर्याप्त दूरी तय कर सकती है।

हम द्रव्यात्मक माध्यम (material medium) के आधार पर तरंगों का वर्गीकरण कैसे करते हैं ?

जो तरंगें केवल किसी द्रव्यात्मक माध्यम में उत्पन्न हो सकती हैं या ऐसे माध्यम से होकर जा सकती हैं, **प्रत्यास्थ तरंगें** (elastic waves) **या यांत्रिक तरंगें** (mechanical waves) कहलाती हैं। यांत्रिक तरंगें बहुत सुपरिचित हैं, क्योंकि दैनिक जीवन में हमारा उनसे प्रायः सामना या समागम होता रहता है। इनके सामान्य उदाहरण हैं, पानी की सतह (या पृष्ठ) पर तरंगें, तानित डोरी अथवा कुंडलित कमानी (स्प्रिंग) में तरंगें, ध्वनि-तरंगें इत्यादि।

कुछ तरंगों के संचरण के लिए द्रव्यात्मक माध्यम की आवश्यकता नहीं होती। ऐसी तरंगें अ-यांत्रिक (non-mechanical) कहलाती हैं। प्रकाश की तरंगें या विद्युत-चुंबकीय तरंगें, इस संवर्ग के अंतर्गत सामान्य उदाहरण हैं।

**भूकंपी तरंगें**

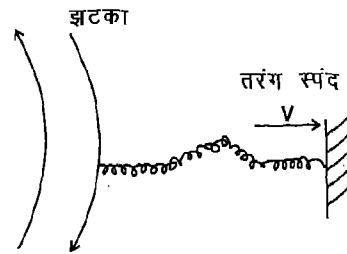
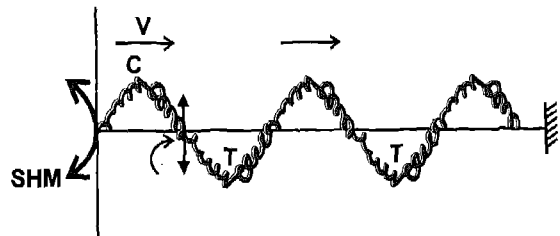
कभी-कभी पृथ्वी के भीतर विक्षोभ होते हैं, जिससे सब दिशाओं में तरंगें गति करने लगती हैं। ये तरंगें **भूकंपी तरंगें** कहलाती हैं। यही वह तरंगें हैं जो भूकंप (earth quake) का कारण होती हैं। कभी-कभी भूकंप इतने प्रबल (severe) होते हैं, कि ये बहुत क्षति पहुँचाते हैं। इसी प्रकार का एक विनाशकारी भूकंप गुजरात में, 26 जनवरी 2001 को आया था।

## 12.3 अनुप्रस्थ और अनुदैर्ध्य तरंगें

### क्रियाकलाप 12.1

कोई लंबी स्लिंकी (slinky) लीजिए और इसका एक सिरा दीवार से बाँध दीजिए। दूसरे सिरे को शीघ्रता से एक झटका दीजिए। स्लिंकी में एक कूबड़-सा बन जाएगा। इस प्रकार का विक्षोभ, जो आकस्मिक होता है और बहुत कम समय तक रहता है, **स्पंद** (Pulse) कहलाता है। स्पंद जैसे-जैसे आगे बढ़ता है, क्षीण होता जाता है, और कुछ दूरी तक जाकर लुप्त हो जाता है (चित्र 12.3)। अब एक झटके के स्थान पर, स्लिंकी के सिरे को लगातार आवर्ती झटके देते रहिए। अब आप स्लिंकी से होकर, एक तरंग जाते हुए देखेंगे, जैसा कि चित्र 12.4 में दिखाया गया है। यदि आप स्लिंकी के किसी स्थान पर एक चिह्न के रूप में बिंदु, धागा या कोई अन्य हल्की वस्तु लगा लें और तरंग के चलते समय इस चिह्न पर अपना ध्यान केंद्रित करें, तो आप देखेंगे कि चिह्न अपने स्थान पर ही ऊपर-नीचे गति करता है, जबकि तरंग क्षैतिज दिशा में आगे बढ़ती रहती है।

इस प्रकार की तरंग को **अनुप्रस्थ तरंग** (transverse wave) कहते हैं। जैसा कि चित्र 12.4 में दिखाया गया है, C के समान बिंदु जहाँ ऊपर की ओर विस्थापन अधिकतम है, **शृंग** (crests) कहलाते हैं। इसी प्रकार *T* के समान बिंदु, जहाँ नीचे की ओर अधिकतम विस्थापन है, **गर्त** (trough) कहलाते हैं।

इस प्रकार, ***अनुप्रस्थ तरंग वह तरंग है जिसमें माध्यम के कणों की अपनी मूल स्थितियों पर गति की दिशा, तरंग के संचरण की दिशा के, लंबवत होती है।***

*चित्र 12.3 : एक स्लिंकी में तरंग।*

*चित्र 12.4 : स्लिंकी के अनुदिश एक सतत आवर्ती तरंग*

आइए, अब हम एक अन्य प्रकार की तरंग पर विचार करें जिसका संचरण कमानियों (स्प्रिंग) व वायु में होता है।

**क्रियाकलाप 12.2**

स्लिंकी का मुक्त (free) सिरा अपने हाथ में पकड़ें जैसे चित्र 12.5(a) में दिखाया गया है। स्लिंकी को क्षैतिज स्थिति में रखकर, यदि आप उसके मुक्त सिरे को और झटका दें (जल्दी से दबा कर छोड़ दें) तो स्लिंकी एकाएक दब जाती है। इससे संपीडन (compression) स्लिंकी के अनुदिश (along) एक स्पंद के रूप में आगे बढ़ता है, जैसा चित्र 12.5(b) में दिखाया गया है।

(a)

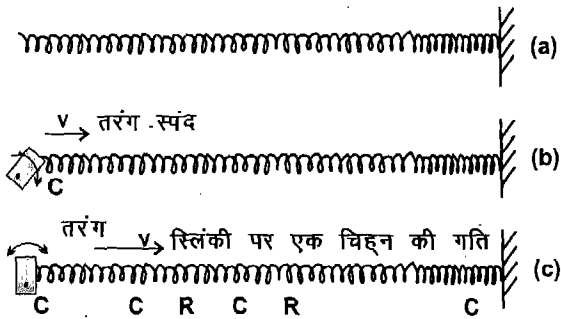
v → तरंग -स्पंद

(b)

C

तरंग v → स्लिंकी पर एक चिह्न की गति

(c)

C C R C R C

*चित्र 12.5 : (a) स्लिंकी या कुंडलित कमानी*
*(b) अनुदैर्ध्य स्पंद*
*(c) स्लिंकी में अनुदैर्ध्य तरंग।*

अब स्लिंकी के मुक्त सिरे को लगातार आगे-पीछे आवर्ती झटके देते रहें, तो आप देखेंगे कि एक विक्षोभ स्लिंकी से होकर जाता रहता है। यही एक प्रकार की तरंग है। आप यह भी देखेंगे कि स्लिंकी पर लगा चिह्न, तरंग के संचरण की दिशा के समानांतर, आगे-पीछे गति करता है। इस प्रकार की तरंग को **अनुदैर्ध्य तरंग** (longitudinal wave) कहते हैं। उन क्षेत्रों को जहाँ पर स्लिंकी की कुँडलियाँ (Coils) पास-पास आ जाते हैं, **संपीडन** (compression) C और जहाँ ये दूर-दूर हो जाती हैं **विरलन** (rarefaction) R कहते हैं जैसा चित्र 12.5 (c) में दिखाया गया है।

***अनुदैर्ध्य तरंग में, माध्यम के कणों का अपनी मूल स्थितियों पर विस्थापन, उसी दिशा में होता है जिस दिशा में तरंग उस माध्यम से होकर जाती है।***

वायु में ध्वनि भी अनुदैर्ध्य तरंगों के रूप में चलती है। जब ध्वनि वायु से होकर चलती है तो, वह वायु में उसी प्रकार से संपीडन व विरलन उत्पन्न करती है जैसे कि हमने स्लिंकी में देखे थे [चित्र 12.5(c)]। वायु के क्षेत्रों या अवयवों की गति, तरंग के संचरण की दिशा के समानांतर होती है। इस प्रकार वायु में ध्वनि की तरंगें अनुदैर्ध्य होती हैं।

अनुप्रस्थ व अनुदैर्ध्य, दोनों प्रकार की तरंगें, यांत्रिक तरंगें हैं, और इनको **प्रगामी तरंग** (progressive waves) कहते हैं, क्योंकि ये दोनों तरंगें एक बिंदु से दूसरे बिंदु को जाती हैं। चित्र 12.4 में अनुप्रस्थ तरंगें, स्लिंकी के एक सिरे से दूसरे सिरे को जाती हैं। दूसरी ओर अनुदैर्ध्य तरंगें स्लिंकी के एक सिरे से दूसरे को, उसी प्रकार जाती हैं, जैसा चित्र 12.5 में दिखाया गया है। ध्यान दीजिए कि, दोनों दशाओं में, यह तरंग या विक्षोभ है जो दो बिंदुओं या दो सिरों के बीच गति करता है किंतु, द्रव्यात्मक माध्यम, जैसे वायु या स्लिंकी, जिससे होकर तरंग संचरित (propagate) होती है, गति नहीं करते और न एक बिंदु से दूसरे को इनका अभिगमन ही होता है।

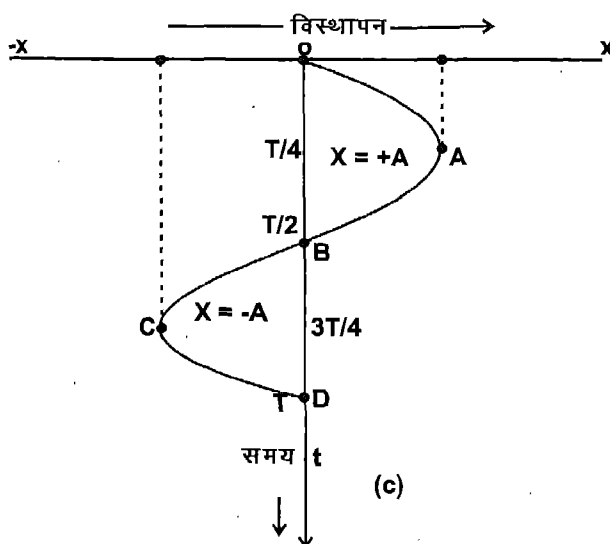
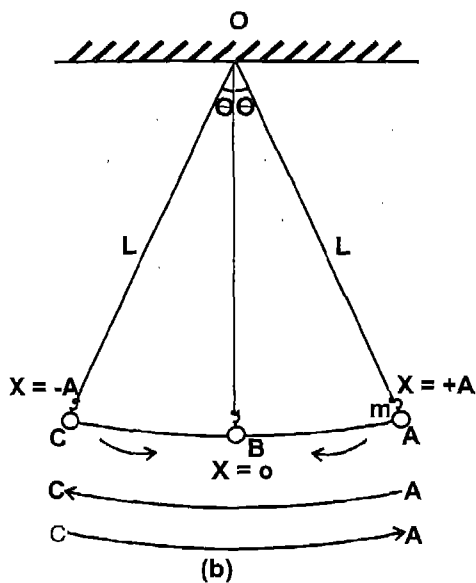
आप पढ़ चुके हैं कि स्लिंकी से होकर जाने वाली तरंगें अनुप्रस्थ, और वायु संचरित ध्वनि की तरंगें अनुदैर्ध्य होती हैं किंतु, एक अन्य प्रकार की तरंगें भी हैं, जिनमें माध्यम के कणों की गति न तो पूर्णतः अनुप्रस्थ होती है और न ही पूर्णतः अनुदैर्ध्य, वरन् इन दोनों का संयोजन होती है। इनमें माध्यम से तरंग के संचरण पर, उसके कण वृत्त या दीर्घ वृत्त में गति करते हैं। इस प्रकार की गति तब होती है, जब तरंग माध्यम की सतह (या पृष्ठ) के अनुदिश (along) संचरण करती है। उदाहरण के लिए, गहरे पानी में महासागरीय तरंगें इस प्रकार की होती हैं जिसमें, अनुप्रस्थ व अनुदैर्ध्य, दोनों ही अवयव होते हैं। इसी प्रकार भूकंपी तरंगें, भूकंप या विस्फोट के बाद, पृथ्वी की सतह के अनुदिश चलती हैं। किसी भृंग (beetle) की रेत की सतह पर गति से उत्पन्न स्पंदों में भी, अनुप्रस्थ व अनुदैर्ध्य दोनों ही अवयव होते हैं।

## 12.4 सरल आवर्त गति का ग्राफीय निरूपण

**क्रियाकलाप 12.3**

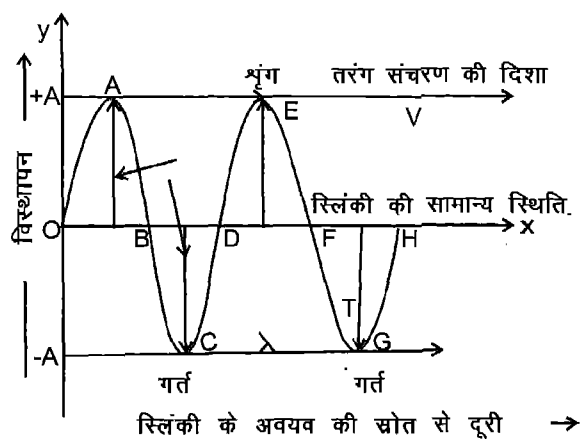
आइए अब हम चित्र 12.1 (b) में दिखाए गए लोलक के दोलनों पर विस्तार से पुनः विचार करें।

लोलक की मूल स्थिति के नीचे, एक समय-रेखा खींचिए, जिस प्रकार चित्र 12.1(c) में दिखाया गया है। इस रेखा पर, $t = 0$, $t = \frac{T}{4}, t = \frac{T}{2}, t = \frac{3T}{4}$ व $t = T$, के लिए बिंदु लगाइए। जब गोलक अपनी मूल स्थिति में हो, तब $t = 0$ मान लीजिए।

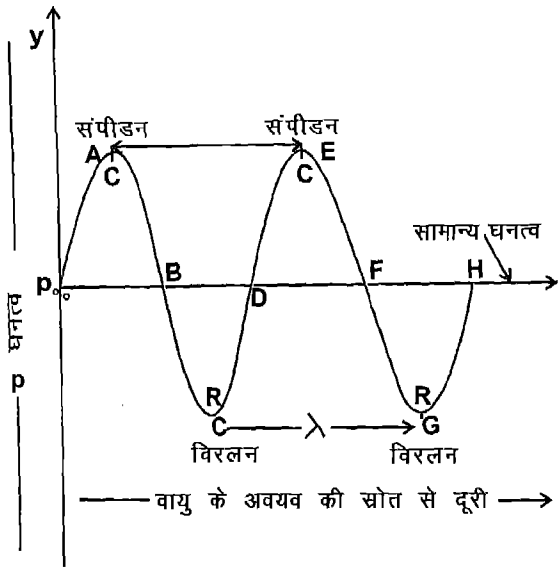
अब लोलक के गोलक की, विभिन्न समयों पर स्थिति को अंकित कीजिए, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। बिंदु O, A, B, C और D को मिलाइए। ध्यान दीजिए कि यदि हमने गोलक की स्थितियों को, $T/4$ से कम समय में अंकित किया होता तो, हमें एक सतत (continuous) वक्र प्राप्त होता, जैसा चित्र 12.1(c) में दिखाया गया है। इस प्रकार का विस्थापन–समय ग्राफ **सरल आवर्त गति** को निरूपित करता है।

*चित्र 12.1 : (b) सरल लोलक की सरल आवर्त गति (c) इसका विस्थापन समय ग्राफ।*

अनुप्रस्थ व अनुदैर्ध्य तरंगों में भी, माध्यम के कण अपनी मूल स्थिति के दोनों ओर कंपन करते हैं। अतः, वे भी सरल आवर्त गति करते हैं।

**जब किसी माध्यम के कणों या अवयवों के कंपन सरल आवर्त हों तो उनसे उत्पादित** (generated) **तरंगों को सरल आवर्त तरंगें** (simple harmonic waves) **कहते हैं।**

आप पढ़ चुके हैं कि अनुप्रस्थ तरंगों में, कणों के अपनी मूल स्थिति पर सरल आवर्त दोलन, तरंग के संचरण की दिशा के लंबवत् होते हैं। अतः, अनुप्रस्थ व अनुदैर्ध्य, दोनों ही प्रकार की तरंगें, सरल आवर्त तरंगें हैं और किसी माध्यम में इनके संचरण को इनको ग्राफीय रूप में चित्र 12.6 व 12.7 से निरूपित किया जा सकता है।

*चित्र 12.6 : लम्बी स्लिंकी में संचरित होती हुई सरल आवर्त अनुप्रस्थ तरंगों के लिए विस्थापन-समय ग्राफ।*

## 12.5 सरल आवर्त तरंगों के अभिलक्षण

सरल आवर्त तरंगों के कई महत्त्वपूर्ण अभिलक्षण होते हैं।

*चित्र 12.7 : वायु में आवर्ती अनुदैर्ध्य तरंग के लिए घनत्व-दूरी ग्राफ।*

(a) **आयाम**

किसी तरंग का **आयाम**, माध्यम के कंपित कणों का, अपनी मूल स्थिति के दोनों ओर अधिकतम विस्थापन है।

इसे साधारणतः अक्षर $A$ से निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक मीटर (m) है। चित्र 12.6 में दिखाए गए शृंगों व गर्तों का आयाम $A$ है।

(b) **तरंगदैर्ध्य**

जब एक सरल आवर्त तरंग किसी माध्यम से होकर जाती है, तो एक विशेष पैटर्न की एक निश्चित दूरी के पश्चात्, पुनरावृत्ति होती रहती है। इस दूरी को तरंगदैर्ध्य (wave length) कहते हैं। इसे साधारणतः $\lambda$ (ग्रीक अक्षर लैम्डा) से निरूपित करते हैं। इसका SI मात्रक मीटर (m) है।

चित्र 12.6 में, दो क्रमागत शृंगों या दो क्रमागत गर्तों के बीच की दूरी भी एक तरंगदैर्ध्य के बराबर है। अथवा, दूरी OD भी एक तरंगदैर्ध्य के बराबर है।

चित्र 12.7 में, दो क्रमागत संपीडनों (C) या दो क्रमागत विरलनों (R) के बीच की दूरी भी एक तरंगदैर्ध्य के बराबर है।

ध्यान दीजिए कि चित्र 12.1(c), 12.6 व 12.7 से प्रकट होता है कि तरंगदैर्ध्य, माध्यम के किसी कण द्वारा, अपनी मूल साम्यावस्था स्थिति पर, एक कंपन पूरा करने में लिए गए समय में, तरंग द्वारा तय की गई दूरी के बराबर होती है।

**प्रश्न**

चित्र 12.6 और 12.7 के ग्राफों से, निम्नलिखित बिंदुओं के युग्मों के बीच की दूरी तरंगदैर्ध्य $\lambda$ के रूप में ज्ञात कीजिए :

(a) E व F (b) F व G (c) E व G
(d) F व H (e) G व H (f) E व H

(c) **आवर्त काल**

चित्र 12.6 में देखिए कि समय के साथ तरंग पैटर्न किस प्रकार संचरित होता है। समय बीतने के साथ, आवर्ती अनुप्रस्थ तरंग के, शृंग व गर्त, दाईं ओर जाते रहते हैं। एक शृंग या गर्त द्वारा, एक तरंगदैर्ध्य ($\lambda$) के बराबर दूरी तय करने में लगे समय को **आवर्त काल** कहते हैं। तरंग का आवर्त काल, माध्यम के कणों के आवर्त काल के बराबर होता है, जो कणों द्वारा अपनी मूल स्थिति पर एक दोलन पूरा करने में लगा समय है,

आवर्त काल को साधारणतः $T$ से निरूपित करते हैं। इसका SI मात्रक सेकंड (s) है।

(d) **आवृत्ति**

किसी तरंग की **आवृत्ति**, माध्यम के कणों के दोलन की आवृत्ति के बराबर होती है। इस प्रकार तरंग की आवृत्ति भी $1/T$ के बराबर होती है। आप इसके मात्रक के बारे में पढ़ चुके हैं। किसी कण की आवृत्ति उसके द्वारा एक सेकंड में पूरे किए गए दोलनों की संख्या है। एक दोलन संख्यात्मक रूप से एक पूर्ण तरंगदैर्ध्य के बराबर होता है (क्योंकि माध्यम के कण के एक दोलन पूर्ण करने से एक तरंग बन जाती है)। इस प्रकार किसी तरंग की आवृत्ति को उसके द्वारा एक सेकंड में तय की गई तरंगदैर्ध्य की संख्या, समझा जा सकता है। याद रखिए कि आवृत्ति उस स्रोत का अभिलक्षण है, जो माध्यम में विक्षोभ उत्पन्न करता है।

आवृत्ति को साधारणतः $\nu$ (ग्रीक अक्षर न्यू) से निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक हर्ट्ज़ (hertz, प्रतीक Hz) है।

(e) **तरंग वेग**

तरंग के संचरण के वेग को **तरंग वेग** कहते हैं। यह तरंग द्वारा एक सेकंड में तय की गई दूरी है।

तरंग वेग को साधारणतः $V$ से निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक मीटर/सेकंड (m/s) है।

आइए, अब हम तरंग के विभिन्न अभिलक्षणों के बीच संबंध प्राप्त करें।

## 12.6 आवर्ती तरंग के लिए उसके वेग, आवृत्ति और तरंगदैर्ध्य में संबंध

***जब कोई आवर्ती तरंग किसी माध्यम से संचरित होती है तो माध्यम के कण सरल आवर्त गति करते हैं।***

तरंग की आवृत्ति ($\nu$), उसके आवर्तकाल ($T$) का व्युत्क्रम (reciprocal) होती है। अर्थात्,

$$\nu = \frac{1}{T}$$

हमने तरंग दैर्ध्य ($\lambda$) की परिभाषा इस प्रकार की है कि यह तरंग द्वारा एक आवर्त काल ($T$) में तय की गई दूरी है। इस प्रकार,

$$\text{तरंग वेग} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{लिया गया समय}}$$

$$= \frac{\text{तरंगदैर्ध्य}}{\text{लिया गया समय}}$$

अर्थात्, $$V = \frac{\lambda}{T} \qquad (12.3)$$

क्योंकि $\nu = 1/T$, इसलिए समीकरण (12.3) को $V, \lambda$ तथा $\nu$ के रूप में निम्न प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :

$$V = \nu\lambda \qquad (12.4)$$

या, तरंग वेग = आवृत्ति × तरंगदैर्ध्य

इस प्रकार, तरंग वेग, तरंग की आवृत्ति व तरंगदैर्ध्य का गुणनफल है। यह संबंध अनुप्रस्थ तथा अनुदैर्ध्य दोनों प्रकार की आवर्ती तरंगों के लिए लागू होता है।

ध्यान दीजिए कि तरंग वेग व अपनी मूल स्थिति पर दोलन करते हुए किसी एक कण की गति (वेग) के बीच भ्रम नहीं होना चाहिए।

दोलनों की आवृत्ति ($\nu$) उस स्रोत का अभिलक्षण है, जो विक्षोभ उत्पन्न करता है। भिन्न-भिन्न स्रोत, भिन्न-भिन्न आवृत्ति के दोलन उत्पन्न करते हैं। इस प्रकार इन स्रोतों की तरंगदैर्ध्य ($\lambda$) भिन्न-भिन्न होगी। तथापि, ये इस प्रकार परिवर्तित होंगे कि उनका गुणनफल $\nu\lambda = V$, दिए गए माध्यम के लिए स्थिर रहेगा। किसी माध्यम के लिए, समान भौतिक परिस्थितियों में, तरंग वेग स्थिर रहता है।

**उदाहरण 12.2**

एक तरंग स्पंद (pulse) एक डोरी पर 0.05 s में 8 m दूरी तय करता है तो

(a) स्पंद का वेग ज्ञात कीजिए।

(b) यदि तरंग की आवृत्ति 200 Hz हो तो डोरी में तरंग की तरंगदैर्ध्य क्या होगी ?

**हल :** (a) स्पंद का वेग, $V = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{लिया गया समय}}$

अर्थात् $$V = \frac{8 \text{ m}}{0.05 \text{ s}} = 160 \text{ m/s}$$

(b) आवर्ती तरंग का डोरी में वही वेग होगा जो उस डोरी में स्पंद का वेग है।

तरंग की तरंगदैर्ध्य, $\lambda = \frac{V}{\nu}$

(क्योंकि $V = \nu\lambda$, समीकरण (12.4) से)

अतः, $$\lambda = \frac{160 \text{ m/s}}{200 \text{ Hz}} = 0.8 \text{ m}$$

इस प्रकार, आवर्ती तरंग की तरंगदैर्ध्य 0.8 m है।

**उदाहरण 12.3**

यदि महासागरीय तरंगों का आवर्त काल 10 s व वेग 15 m/s है, तो,

(a) तरंगों की तरंगदैर्ध्य क्या होगी ?

(b) इन तरंगों को आवर्ती तरंग मानते हुए, इनके एक शृंग व इसके संलग्न गर्त के बीच की दूरी ज्ञात कीजिए।

**हल**

(a) आवर्ती तरंग की तरंगदैर्ध्य,

$$\lambda = \frac{V}{\nu} = VT \text{(क्योंकि } \frac{1}{\nu} = T)$$

$\lambda$ = (15 m/s) (10 s) = 150 m

इस प्रकार, महासागरीय तरंगों की तरंगदैर्ध्य 150 m है।

(b) एक शृंग और इसके संलग्न गर्त की दूरी = $\lambda/2$

$$= \frac{150\,\text{m}}{2} = 75\,\text{m}$$

**प्रश्न**

एक चमगादड़ 120 kHz आवृत्ति तक की ध्वनि सुन सकता है। इस आवृत्ति के लिए, वायु में इस ध्वनि की तरंगदैर्ध्य क्या होगी? वायु में ध्वनि का वेग 344 m/s लीजिए।

## 12.7 ध्वनि की प्रकृति और संचरण

जब घंटी बजती है तो हमको ध्वनि सुनाई देती है। यदि हम बजती हुई घंटी को छुएँ, तो हम उसके कंपनों को अनुभव कर सकते हैं। इस प्रकार, ध्वनि का स्रोत कंपन की स्थिति में होता है। सामान्यतः कंपन का स्रोत, ध्वनि का स्रोत भी होता है। हमारा अधिकतर संगीत, वाद्य यंत्रों के तार (तंतु) के कंपन से और वायु स्तंभ (कॉलम) के कंपनों से प्राप्त होता है। जब हम गिटार, सितार या वीणा के तारों को छेड़ते हैं, तो ये ध्वनि उत्पन्न करते हैं। ध्वनि उत्पन्न करते समय, तार कंपन की स्थिति में होते हैं। हम इन कंपनों का अनुभव कर सकते हैं और देख भी सकते हैं। इसी प्रकार, यदि हम चिमटे की दो भुजाओं को एक दूसरे से टकराते हैं तो उनमें कंपन होता है और ध्वनि उत्पन्न होती है। इसी प्रकार, वायलिन, सारंगी या दिलरुबा के तारों, बाँसुरी के अंदर की वायु, क्लैरिनैट या हारमोनियम की रीड, ढोल (ड्रम), तबले या नगाड़े की चर्म (membrane), ध्वनि उत्पन्न करते हुए कंपन की स्थिति में होते हैं।

ध्वनि किसी कंपायमान स्रोत से उत्पन्न होती है और किसी द्रव्यात्मक माध्यम से संचरित होती है, जो हमारे कानों में श्रवण का संवेदन उत्पन्न करती है। कंपायमान स्रोत से आस-पास के माध्यम में तरंगें उत्पन्न होती हैं। क्योंकि, ध्वनि की तरंगें संपीडन व विरलन से संबद्ध होती हैं। अतः ये केवल किसी द्रव्यात्मक माध्यम से ही अनुदैर्ध्य तरंगों के रूप में संचरित हो सकती हैं। निर्वात से होकर किसी भी ध्वनि का संचरण नहीं हो सकता।

**प्रश्न**

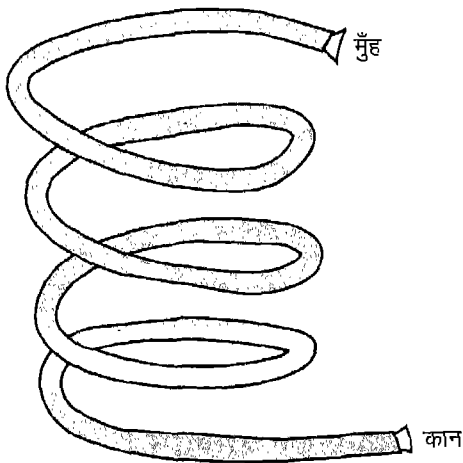
हम जानते हैं कि चंद्रमा पर वायुमंडल नहीं है। *मान लीजिए आप और आपका मित्र वहाँ पहुँच जाते* हैं। क्या आप दोनों आपस में बातें कर पाएँगे ? इसकी व्याख्या कीजिए।

अनुप्रस्थ तरंगों का किसी माध्यम में संचरण शृंगों व गर्तों के रूप में होता है, यह माध्यम के आकार में परिवर्तन से संबद्ध है। अतः अनुप्रस्थ तरंगें केवल उसी माध्यम से संचरित हो सकती हैं जो अपने आकार में परिवर्तन का प्रतिरोध कर सके। ठोस पदार्थों में यह गुण होता है। अतः अनुप्रस्थ तरंगों का संचरण ठोस पदार्थों में हो सकता है। इसके विपरीत, अनुदैर्ध्य तरंगें संपीडन व विरलन के रूप में चलती हैं। चूँकि संपीडन तथा विरलन का बनना माध्यम के आयतन व घनत्व में परिवर्तन से संबद्ध होता है, अतः अनुदैर्ध्य तरंगों का संचरण उन सभी माध्यमों से हो सकता है, जो अपने आयतन में परिवर्तन का विरोध कर सकें। सभी माध्यमों—ठोस, द्रव व गैस, में यह गुण होता है। अतः अनुदैर्ध्य तरंगों का संचरण इन सभी माध्यमों में किया जा सकता है।

हम भवनों की खिड़कियों, दीवारों व फर्शों से होकर आने वाली ध्वनियों से परिचित हैं। पनडुब्बियों का पता उनके नोदकों (propellers) द्वारा पानी के भीतर उत्पन्न ध्वनि तरंगों द्वारा लगाया जा सकता हैं। बहुत दूरी से हमारी ओर आती हुई किसी ट्रेन की ध्वनि वायु में संचरित ध्वनि तरंगों के साथ-साथ लोहे की पटरियों से होकर आने वाली तरंगों द्वारा सुनी जा सकती है। ट्रेन के हमसे अत्यधिक दूर होने पर भी, उसकी ध्वनि, लोहे की पटरियों से होकर हम तक पहुँच जाती है। यह एक रोचक बात है कि कुछ अस्थियाँ भी ध्वनि का चालन हमारे कानों तक कर सकती हैं। कुछ प्रकार के बहरेपन (बधिरता) में, इस गुण का उपयोग श्रवण सहायों (Hearing

aids) में किया जाता है। डायनामाइट के विस्फोट से उत्पन्न ध्वनि तरंगों का उपयोग पृथ्वी के भीतर तेल-भंडारों के सर्वेक्षण में किया जाता हैं।

## 12.8 ध्वनि की चाल

किसी विज्ञान-संग्रहालय में आपने चित्र 12.8 दर्शाए जैसी किसी ऐसी युक्ति को देखा होगा, जिसमें एक लम्बी नली को कई लपेटों के रूप में मोड़कर रखा जाता है। यदि आप इसके किसी एक सिरे पर बोलें और दूसरे सिरे पर अपनी ही ध्वनि को कान लगाकर सुनने का प्रयास करें, तो आप पाएँगे कि इस लपेटों वाली नलिका से होकर आपकी ध्वनि को आपके कान तक पहुँचने में कुछ परिमित समय लगता है। जो यह दर्शाता है कि ध्वनि किसी परिमित वेग से चलती है। ध्वनि का वेग माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करता है। ध्वनि का वेग वायुमंडलीय परिस्थितियों, जैसे ताप, आर्द्रता आदि पर भी निर्भर करता है। सारणी 12.1 में कुछ माध्यमों में ध्वनि के वेगों के मानों को दर्शाया गया है।

*चित्र 12.8 : कई लपेटों के रूप में मुड़ी लम्बी नलिका*

हम जानते हैं कि किसी ट्रेन के दूर होने पर भी हम लोहे की पटरियों से उसके दवारा उत्पन्न ध्वनि सुन लेते हैं। ऊपर दी गई सारणी को देखकर विश्लेषण कीजिए कि ऐसा क्यों होता है।

सारणी 12.1 से यह निष्कर्ष निकलता है कि ठोसों में, ध्वनि का वेग, द्रवों तथा गैसों की अपेक्षा बहुत अधिक होता हैं।

**सारणी 12.1 : विभिन्न माध्यमों में ध्वनि का वेग।**

| *माध्यम* | *ताप* (°C) | *ध्वनि का वेग* (m/s) |
|---|---|---|
| शुष्क वायु | 0 | 332 |
| | 20 | 344 |
| हाइड्रोजन | 0 | 1284 |
| आसुत जल | 25 | 1498 |
| समुद्री जल | 25 | 1531 |
| रक्त | 37 | 1570 |
| ताँबा | 20 | 3750 |
| ऐलुमिनियम | 20 | 5100 |
| लोहा | 20 | 5130 |
| काँच (पायरेक्स) | 20 | 5170 |
| ग्रेनाइट | 20 | 6000 |
| लकड़ी की राख | 20 | 4670 |

क्योंकि वायु की तुलना में द्रवों तथा ठोसों में प्रत्यानयन बल बहुत अधिक होता है, अतः द्रवों तथा ठोसों में ध्वनि का वेग वायु में ध्वनि के वेग से अधिक होता है। वास्तव में ध्वनि का वेग ठोसों में सबसे अधिक, द्रवों में उससे कम व गैसों में सबसे कम होता है। गैसों की तुलना में ठोस और द्रव, संपीडन का विरोध बहुत अधिक करते हैं।

1. क्या आपको कभी यह देखकर आश्चर्य हुआ है कि किसी दूर से आती हुई कार के हॉर्न की ध्वनि उस कार के हम तक पहुँचने से पहले ही, हम तक क्यों पहुँच जाती है ?

   (*उत्तर* – क्योंकि ध्वनि का वेग, सबसे अधिक तेज चलने वाली कार से भी अधिक होता है।)

2. तड़ित की चमक उसकी गर्जन सुनाई देने से भी बहुत पहले क्यों सुनाई देती है जबकि ये दोनों एक ही क्षण उत्पन्न होते हैं ?

   (*उत्तर* – इसका कारण है कि प्रकाश का वेग ($3 \times 10^8$ m/s), ध्वनि के वेग (344 m/s, 20 °C पर) से बहुत अधिक है। अतः तड़ित की चमक की अपेक्षा गर्जन की ध्वनि को हम तक पहुँचने में बहुत अधिक समय लगता है।

## 12.9 मानव में श्रव्यता का परिसर

आप पढ़ चुके हैं कि, किसी कंपायमान स्रोत से ध्वनि तरंगें उत्सर्जित होती हैं और वायु इन तरंगों को संचरित करती है। जब ये ध्वनि तरंगें हमारे कर्ण पटह से टकराती हैं, तो ये हमारे कानों में श्रवण का संवेदन उत्पन्न करती हैं। हमारे कान, ध्वनि-तरंगों के आयाम व आवृत्ति, दोनों के लिए सुग्राही होते हैं। आपने अनुभव किया होगा कि कुछ ध्वनियाँ हमारे कानों को तीव्र प्रतीत होती हैं तो कुछ अन्य मंद प्रतीत होती हैं। हम विभिन्न आयाम की ध्वनि-तरंगों को उनकी भिन्न-भिन्न प्रबलताओं के रूप में पहचानते हैं। हमारे कान में उत्पन्न संवेदन जिनके कारण हम तीव्र व मंद ध्वनियों के बीच विभेदन कर सकते हैं, **ध्वनि की प्रबलता** कहलाती है। यह संवेदन की कोटि (degree) है और पूर्णतः (wholly) भौतिक नहीं है किन्तु, आंशिक रूप से (partly) व्यक्तिनिष्ठ (subjective) भी है। यह कानों की सुग्राहिता पर निर्भर करती है।

हमारे कान सामान्यतः, केवल उन ध्वनियों के लिए सुग्राही होते हैं, जिनकी आवृत्ति 20 Hz (हर्ट्ज़) व 20,000 Hz या 20 kHz के बीच में होती है। आवृत्ति के इस परिसर को **श्रव्यता का परिसर** कहते हैं। 20,000 Hz से ऊपर व 20 Hz से नीचे, आवृत्ति की ध्वनियों को कोई सामान्य व्यक्ति का कान नहीं सुन पाता परन्तु आवृत्ति की ये सीमाएँ भी एक व्यक्ति से दूसरे में, तथा एक ही व्यक्ति में भी आयु के साथ बदलती रहती हैं। वृद्ध व्यक्तियों के कान उच्च आवृत्ति की ध्वनियों के लिए कम सुग्राही होते हैं। ज्यों-ज्यों किसी व्यक्ति की आयु बढ़ती जाती है, उसकी आवृत्ति का परिसर कम होता जाता है। श्रव्य आवृत्ति की उच्चतम सीमा सामान्यतः, बच्चों में, अधिक उम्र वाले व्यक्तियों की तुलना में बहुत अधिक होती है।

20 kHz से अधिक आवृत्ति की ध्वनियों अर्थात् श्रव्य परिसर से अधिक आवृत्ति की ध्वनियों (audible range) को **पराश्रव्य तरंगें** या **पराध्वनि** कहते हैं। ये मनुष्यों के कानों को सुनाई नहीं देती। याद रखिए, कि भूकंप, ज्वालामुखी विस्फोट व ह्वेल और हाथी जैसे कुछ प्राणी, 20 Hz से कम आवृत्ति की ध्वनियाँ उत्पन्न करते हैं। इन ध्वनियों को हम सुन नहीं सकते। चमगादड़, कुत्ते, बिल्लियाँ, पॉरपॉइज, जैसे कुछ जीव (प्राणि), कुछ पक्षी तथा कुछ कीट भी, पराश्रव्य ध्वनि उत्पन्न करते हैं। ये प्राणि इन ध्वनियों को सुन भी सकते हैं। पराश्रव्य तरंगों के बहुत से क्षेत्रों में विभिन्न प्रकार के उपयोग हैं।

कभी-कभी हमें पराश्रव्य तरंगों (ultrasonic) व पराध्वनिक (supersonic) तरंगों में भ्रम हो जाता है। जैसा कि हम पराश्रव्य ध्वनि को परिभाषित कर चुके हैं, पराश्रव्य ध्वनि वह है जिसकी आवृत्ति 20,000 हर्ट्ज़, से अधिक होती है। इसके विपरीत पराध्वनिक शब्द का संबंध पिण्डों की चाल से होता है। जब कोई पिण्ड ध्वनि की चाल से अधिक चाल से गति करता है तब उसकी चाल को **पराध्वनिक चाल** कहा जाता है। जब कोई पराध्वनिक वायुयान वायु में Vs चाल से उड़ता है, जो वायु में ध्वनि की चाल V से अधिक है तो, प्रघाती तरंगे उत्पन्न होती हैं।

पराध्वनिक वायुयान वायु में **प्रघाती तरंगें** उत्पन्न करते हैं। ये प्रघाती तरंगें, पराध्वनिक चाल से चलती हैं और इनमें बहुत अधिक ऊर्जा होती है। इस प्रकार की प्रघाती तरंगों से संबद्ध वायुदाब में अत्यधिक परिवर्तन एक प्रकार का प्रस्फोट या कड़क ध्वनि उत्पन्न करता है, जिसे **'ध्वनि बूम'** कहते हैं। यह अप्रिय ध्वनि बूम, जो आप किसी पराध्वनिक वायुयान के निकट होने पर सुन सकते हैं, आस पास रखी काँच की प्लेटों, खिड़कियों के शीशों और यहाँ तक कि भवनों को भी क्षति पहुँचा सकता है। कई बार ध्वनि बूम, से इतनी प्रबलता का शोर हो सकता है जो हमारी सहनशक्ति की सीमा से परे हो। ऐसे शोर से हमारे कानों में पीड़ा हो सकती है। याद रखिए, जब तक पराध्वनिक वायुयान उड़ता रहता है, वह निरन्तर अपने चारों ओर के माध्यम में ध्वनि बूम उत्पन्न करता रहता है।

## 12.10 ध्वनि का परावर्तन

यह एक सामान्य अनुभव है कि जब आप किसी कुएँ के भीतर की ओर अथवा किसी खाली हॉल में अथवा किसी गुम्बद के भीतर चिल्लाते हैं तो कुछ समय पश्चात आप स्वयं अपनी ही ध्वनि सुनते हैं। यह इसलिए होता है कि आपकी ध्वनि दीवारों से टकराकर परावर्तित हो जाती है। इसी प्रकार का अनुभव तब भी होता है, जब आप किसी पहाड़ी के पास चिल्लाते हैं। स्वयं अपनी ध्वनि को वापस सुनने की इस परिघटना को प्रतिध्वनि कहते हैं। मेघ गर्जन की गड़गड़ाहट का मुख्य कारण, बादलों व भूमि द्वारा ध्वनि का बारंबार परावर्तित होना

है। ध्वनि तरंगों के परावर्तन के लिए विस्तृत बड़े आकार के अवरोधों की आवश्यकता होती है, और इनका चिकना या चमकीला पृष्ठ होना आवश्यक नहीं है।

## 12.11 ध्वनि के परावर्तन के व्यावहारिक अनुप्रयोग

### (i) मैगाफोन

आपने मेलों या पर्यटन स्थलों पर एकत्रित भीड़ को संबोधित करने के लिए, मैगाफोन का प्रयोग करते हुए देखा होगा। मैगाफोन, सींग के आकार की एक नली है। इसके भातरी पृष्ठों से बार-बार परावर्तन द्वारा ध्वनि की तरंगें बाहर फैलने से रुक जाती हैं और नली के भीतर की वायु तक ही सीमित रहती हैं। यही कारण है कि लाउडस्पीकरों के मुख भी सींग के आकार के ही बनाए जाते हैं।

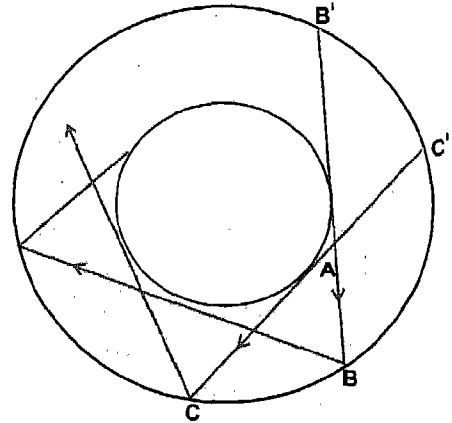
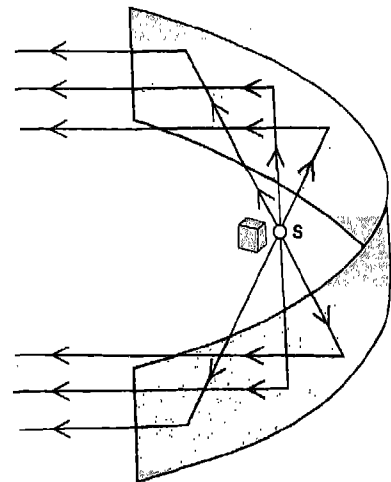
### (ii) कर्ण तूर्य या श्रवण सहाय

यह ऐसी युक्ति है जिसे वे लोग काम में लाते हैं, जिन्हें कम सुनाई देता है। किसी तूर्य या तुरही के चौड़े सिरे पर पड़ने वाली ध्वनि तरंगें परावर्तित होकर अपसाहत अत्यधिक संकीर्ण क्षेत्र में एकत्र होकर कान में पहुँचती हैं। इससे कान के अन्दर की वायु की परतों के कम्पन का आयाम बढ़ जाता है और ध्वनि की प्रबलता में वृद्धि के कारण सुनने में सहायता मिलती है।

### (iii) ध्वनि-पट्ट

ध्वनि का परावर्तन वक्राकार पृष्ठों से भी हो सकता है। इस तथ्य का उपयोग बड़े हॉलों में ध्वनि को पूरे हॉल में समान रूप से फैलाने में किया जाता है। इसके लिए ध्वनि-पट्टों को काम में लाया जाता है। वक्ता S ध्वनि-पट्ट के फोकस पर अवस्थित है। अवतल परावर्तक ध्वनि पट्टों को बड़े हॉलों या सभा भवनों चित्र 12.10 की भाँति वक्ता के पीछे रखा जाता है, ध्वनि-पट्ट ध्वनि को विभिन्न दिशाओं में फैलने से रोकते हैं। यह फोकस पर स्थित वक्ता की ध्वनि की तरंगों को श्रोताओं की ओर परावर्तित कर देता है, इनसे दूर बैठे श्रोताओं को भी वक्ता का भाषण स्पष्ट सुनाई देने में सहायता मिलती है।

**मरमर श्रावी गैलरी (Whispering Gallery)**

लंदन में सैंट पॉल गिरजाघर के गुम्बद की मरमर श्रावी गैलरी बहुत प्रसिद्ध है तथा यह ध्वनि के परावर्तन का एक रोचक उदाहरण प्रस्तुत करती है। यह गैलरी गुम्बद के भीतर के चारों ओर वृत्तीय रूप में है। जब आप इस गैलरी की दीवारों के निकट किसी बिन्दु पर कोई कानाफूसी करते हैं तो उत्पन्न ध्वनि गैलरी की दीवारों द्वारा सभी स्थानों पर परावर्तित हो जाती है (चित्र 12.9), दीवारों के निकट किसी भी स्थान पर यह ध्वनि स्पष्ट सुनाई देती है। किन्तु, केन्द्र की ओर कुछ ही दूरी पर, जैसे बिन्दु A पर, यह ध्वनि कदाचित् सुनाई नहीं देती। इस प्रकार की गैलरी भारत में भी कई ऐतिहासिक स्थानों पर देखी जा सकती है।

*चित्र 12.9 : मरमर श्रावी गैलरी।*

*चित्र 12.10 : ध्वनि पट्ट।*

## 12.12 प्रतिध्वनि

हम यह पढ़ चुके हैं कि यदि विशाल आकार का कोई हॉल एक बार उत्पन्न कोई ध्वनि, बूमरवाली हो तो प्रायः उसमें परावर्तन के कारण हमें बार-बार सुनाई देती है। यह परिघटना प्रतिध्वनि कहलाती है। **प्रतिध्वनि** अवरोधक पृष्ठों से ध्वनि के परावर्तन के कारण होती है।

हमारे मस्तिष्क में किसी ध्वनि की संवेदना उस ध्वनि से संबद्ध कंपनों के समाप्त होने के पश्चात भी 0.1 s तक बनी रहती है। अतः यदि हम किसी ध्वनि की स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनना चाहते हैं, तो यह आवश्यक है कि हमारे कानों तक परावर्तित ध्वनि (अथवा प्रतिध्वनि) मूल ध्वनि के कम से कम 0.1 s (अथवा 1/10 s) के पश्चात् पहुँचनी चाहिए। अर्थात् ध्वनि को अवरोध तक जाने तथा अवरोध से परावर्तित होकर श्रोता तक पहुँचने में कम से कम 0.1 s का समय लगना चाहिए। यदि वायु में ध्वनि की चाल 344 m/s है तो इसका अर्थ यह हुआ कि ध्वनि द्वारा तय की गई दूरी कम से कम (344 m/s × 0.1s) = 34.4 m अवश्य होनी चाहिए। अतः स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए अवरोध की ध्वनि स्रोत से न्यूनतम दूरी उस दूरी अर्थात् 34.4 m की आधी अर्थात् 17.2 m अवश्य होनी चाहिए। किसी कमरे अथवा सभागार की दीवारें ध्वनि के लिए अवरोध की भाँति कार्य करती हैं। यदि कमरा छोटा है और उसकी दीवारें स्रोत से 17.2 m से कम दूरी पर हों तो प्रतिध्वनि को स्पष्ट रूप से नहीं सुना जा सकता है। इस स्थिति में परावर्तित ध्वनि मूल ध्वनि में विलीन हो जाती है, फलस्वरूप, हमें मूल ध्वनि पोषित ध्वनि के रूप में सुनाई देती है अर्थात् कुछ अधिक समय तक सुनाई देती है। कभी-कभी किसी ध्वनि की प्रतिध्वनि को एक से अधिक बार भी सुना जा सकता है। ऐसा तब होता है जब मूल ध्वनि कई अवरोधों जैसे एक दूसरे के सम्मुख परंतु दूरी पर स्थित दो भवनों अथवा पहाड़ियों से टकराकर बारंबार परावर्तित होती हैं, तो हमें एक से अधिक प्रतिध्वनियाँ अथवा बहुलित प्रतिध्वनि सुनाई देती हैं, जैसे बादलों के गरजने से। गड़गड़ाहट (गर्जन) की यह ध्वनि कई पृष्ठों जैसे भू-तल अथवा बादलों से बारंबार परावर्तन के फलस्वरूप उत्पन्न होती है। प्रतिध्वनि की परिघटना का उपयोग महासागरों की गहराई मापने अथवा उनमें डूबे पिण्डों की उपस्थिति एवं अवस्थिति ज्ञात करने में किया जाता है। प्रतिध्वनियाँ चमगादड़ों को गहन अँधेरे में उड़ने तथा उड़ते समय अपने मार्ग में स्थित अवरोधों से टकराने से बचने में सहायता करती हैं।

## 12.13 सोनार

ध्वनि के परावर्तन ,का एक अत्यन्त महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग समुद्र विज्ञान के अध्ययन में किया जाता है। इसमें प्रयुक्त युक्ति को सोनार (SONAR) कहा जाता है। वास्तव मेंSONAR (Sound Navigation and Ranging) का संक्षिप्त रूप है जिसका अर्थ है ध्वनि द्वारा संचालन तथा परिसर निर्धारण करना। सोनार का उपयोग गहरे जल में स्थित अदृश्य पिण्डों जैसे पनडुब्बियों, जहाज, चट्टानों, छुपे हुए प्लावी बर्फ (हिम शैल) आदि की अवस्थिति की यथार्थ जानकारी प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

सोनार की कार्य प्रणाली में पराश्रव्य तरंगों का उपयोग किया जाता है। इसका उपयोग महासागरों की यथार्थ गहराई ज्ञात करने के लिए भी किया जा सकता है। जहाज पर लगे प्रेषित्रों द्वारा नियमित समय अन्तरालों पर पराश्रव्य ध्वनि के शक्तिशाली स्पन्द अर्थात् सिग्नल महासागर के जल में गहराई तक भेजे जाते हैं। जब ये सिग्नल समुद्र के भीतर स्थित किसी पिण्ड अथवा तली से टकराते हैं तो वे चित्र 12.11 में दर्शाए अनुसार परावर्तित हो जाते हैं। इन परावर्तित स्पन्दों अथवा प्रतिध्वनियों का संसूचन जहाज के पेंदे में लगे किसी अभिग्राही द्वारा किया जाता है। पराश्रव्य सिग्नलों के प्रेषण और अभिग्रहण के बीच के समय अन्तराल $t$ को भी इसी युक्ति द्वारा नोट किया जाता है। यदि हमें समुद्र जल में पराश्रव्य तरंगों की चाल $V$ तथा किसी बिन्दु से पराश्रव्य तरंगों के प्रेषण व उसी बिन्दु पर उनकी प्रतिध्वनियों के अभिग्रहण के बीच का समय $t$ ज्ञात है तो उस बिन्दु पर समुद्र की गहराई $h$ का परिकलन निम्नलिखित संबंध द्वारा किया जा सकता है :

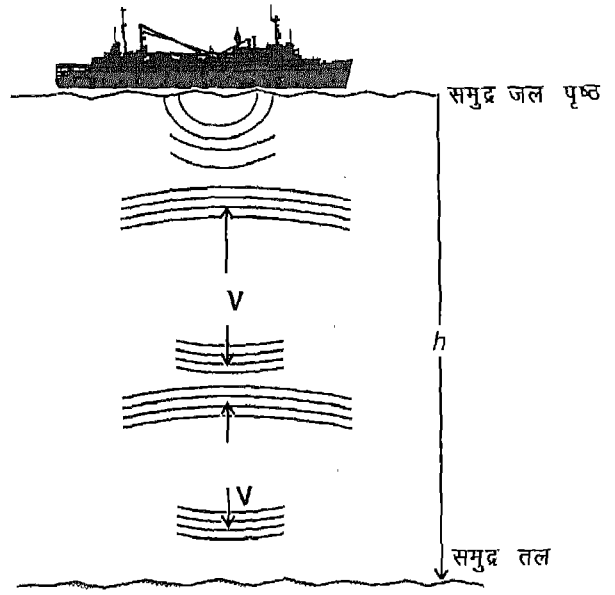
$$h = V \times \frac{t}{2} \qquad (12.5)$$

सोनार के सिद्धांत का उपयोग उद्योगों में धातु के विशाल गर्डरों, ब्लाकों अथवा शीटों में संभावित दरारों अथवा उनके अन्य दोषों का पता लगाने में किया जाता है। इस विधि द्वारा इन दोषों की जानकारी उन्हें बिना

किसी प्रकार की कोई क्षति पहुँचाए कर ली जाती है। इसी प्रकार से, इस तकनीक का उपयोग किसी धातु की टंकी में भरे किसी द्रव का स्तर ज्ञात करने में भी किया जा सकता है।

सोनार के सिद्धांत का उपयोग चमगादड़ों द्वारा प्राकृतिक रूप में किया जाता है। चमगादड़ 120 kHz अथवा $1.2 \times 10^5$ Hz आवृत्ति तक की पराश्रव्य ध्वनियाँ उत्पन्न कर सकता है तथा उन्हें सुन सकता है। इतनी उच्च आवृत्तियों की संगत पराश्रव्य तरंगों की वायु में तरंगदैर्ध्य बहुत कम, लगभग 0.29 cm होती है। चमगादड़ वास्तव में दृष्टिहीन होता है। परन्तु, गहन अंधकार में उड़ते हुए वह अवरोधों से आसानी से बचता हुआ चलता है। यह पराश्रव्य तरंगों का उपयोग अपने भोजन को खोजने में भी करता है। उड़ान के समय चमगादड़ उच्च आवृत्ति के पराश्रव्य स्पन्दों को अल्प समय अन्तराल में क्रम में उत्सर्जित करता है। ये स्पन्द चमगादढ़ के आस-पास के पिण्डों से टकराकर परावर्तित होते हैं। चमगादड़ के शरीर में उच्च कोटि के अभिग्राही जैसी संरचना होती है जिसके द्वारा वह अपने समीप के पिण्डों की उपस्थिति एवं अवस्थितियों का संसूचन कर लेता है। अतः चमगादड़, पराश्रव्य तरंगों द्वारा किसी पिण्ड से परावर्तित होकर वापस लौटने में लगे समय का संसूचन कर लेता है। इस प्रकार, गहन अंधकार में भी चमगादड़ मुक्त रूप से उड़ान कर सकता है। पॉरपॉइज (अर्थात् शिंशुक–डॉलफिन जैसा समुद्री जीव) भी $2 \times 10^5$ Hz तक की पराश्रव्य ध्वनियों के लिए संवेदनशील होते हैं। ये सोनार के समान ही एक संरचना का उपयोग जल के भीतर संचालन व अवस्थितियों के निर्धारण में करते हैं।

## 12.14 पराश्रव्य तरंगों के अनुप्रयोग

पराश्रव्य तरंगें अथवा पराश्रव्य ध्वनियाँ 20,000 Hz से अधिक आवृत्ति की यांत्रिक तरंगें होती हैं। व्यवहार में उनके अत्यधिक विविध एवं विस्तृत उपयोग हैं। 'अल्ट्रासाउण्ड' शब्द का उपयोग हम अपने सामान्य व्यावहारिक जीवन में चिकित्सा के क्षेत्र में रोगों के निदान एवं उपचार के अतिरिक्त शल्य चिकित्सा में भी करते हैं। उन्हें विविध एवं विस्तृत रूप में प्रौद्योगिक अनुप्रयोगों एवं प्रक्रियाओं में उपयोग किया जाता है। कुछ जीवों द्वारा इन ध्वनियों का उपयोग करके परस्पर संपर्क (संकेतों के आदान प्रदान द्वारा) बनाए रखने में तथा अपने मार्ग में

*चित्र 12.11 : जल में पराश्रव्य तरंगों का परावर्तन महासागर की गहराई निर्धारित करता है।*

स्थित अवरोधों के संसूचन और अवस्थित निर्धारण में करते पाया गया है। कुछ चमगादड़ों तथा पॉरपॉइज़ों को पराश्रव्य ध्वनियों का उपयोग गहन अंधकार से अथवा पर्याप्त प्रकाश न होने पर भी अपनी गति का सुगमता से संचालन तथा अपने भोजन की खोज करने में उपयोग करते पाया गया है।

पराश्रव्य तरंगों का सामान्यतः तथा विस्तृत रूप में उपयोग होने का प्रमुख कारण यह है कि ये तरंगें लगभग समान घनत्वों के दो पदार्थों की परिसीमा से भी परावर्तित हो जाती हैं। इन तरंगों का उपयोग बिना किसी आभासी हानिकर प्रभाव के किया जा सकता है। आजकल इन तरंगों का उपयोग X- किरणों के स्थान पर, मानव शरीर के आन्तरिक भागों को चित्रित करने में किया जाता है। पराश्रव्य ध्वनि क्रमवीक्षण तकनीक (ultrasound scanning technique) का उपयोग गर्भस्थ शिशु का चित्रण करके उसके विकास एवं वृद्धि मानीटरण करने के अतिरिक्त उसमें परिलक्षित विकृतियों का निदान करने के लिए किया जाता है। इस तकनीक को X- किरणों की अपेक्षा अधिक सुरक्षित माना जाता है क्योंकि पराश्रव्य तरंगों का गर्भस्थ शिशु के अत्यन्त ही कोमल एवं संवेदी ऊतकों पर कोई हानिकर प्रभाव ज्ञात नहीं है, जबकि X-किरणें इन्हें क्षति पहुँचा सकती हैं।

यह पाया गया है कि यदि शरीर के पीड़ाग्रस्त जोड़ों को पराश्रव्य तरंगों से उद्भाषित किया जाए तो मालिश के समान सुखद अनुभूति होती है। इस तकनीक को आजकल पेशीय पीड़ा के उपचार के लिए एक कारगर उपाय के रूप में व्यापक स्तर पर उपयोग किया जाता है। हृदय की दीवार की गतिविधि का संसूचन करने में भी पराश्रव्य ध्वनि विशेषतः उपयोगी पाई गई है। विशेष प्रकार से निर्मित ऐसे प्रोब को हृदय के अंदर स्थापित कर पराश्रव्य ध्वनि द्वारा हृदय के अन्दर का क्रमवीक्षण (अर्थात् स्केनिंग) किया जा सकता है, पराश्रव्य ध्वनि का उपयोग गर्भस्थ शिशु के हृदय स्पंदों एवं उसकी शिरा भृत्तियों की धड़कनें सुनने के लिए भी उपयोग किया जाता है। मानसिक रोगियों के मस्तिष्क तक पराश्रव्य ध्वनि प्रेषित करके उनका उपचार संभवतः इन तरंगों का ऐसा उपयोग है जिसे एक चौंकाने वाला परिणाम माना जाता है। पराश्रव्य ध्वनि तरंगों का उपयोग करते हुए एक ऐसी विधि का विकास किया गया है जिसके द्वारा त्रिविमीय चित्र प्राप्त किए जा सकते हैं। इस तकनीक को अल्ट्रासोनोग्राफी कहते हैं। चिकित्सकों द्वारा इस तकनीक का उपयोग आँख के ट्यूमरों की यथार्थ अवस्थिति ज्ञात करने के लिए किया जाता है, आँख के ट्यूमर को निकाल देने से रोगी की दृष्टि पुनः सामान्य की जा सकती है।

पराश्रव्य तरंगें अनेक भौतिक एवं रासायनिक प्रभाव उत्पन्न करती हैं। जब उच्च तीव्रता के पराश्रव्य ध्वनि के लिए किरण पुंज को किसी द्रव से गुजारा जाता है तो वह ऊष्ण अथवा गर्म हो जाता है। पराश्रव्य तरंगों के द्वारा किसी द्रव में निलंबित सूक्ष्म कणों की प्रवृत्ति एकत्रित होकर कोई बड़ा पिण्डक बनाने की होती है जो अंततः पेंदे में बैठ जाता है। पराश्रव्य तरंगों में जल एवं तेल जैसे दो अमिश्रणीय द्रवों को मिश्रित कर उनसे समांगीकृत एवं स्थायी पदार्थ बनाने की अद्भुत क्षमता होती है। इन तरंगों का यह गुण फोटोग्राफ फिल्मों को निर्मित करने में अत्यधिक उपयोगी पाया गया है।

अत्यधिक उच्च तीव्रता की पराश्रव्य ध्वनि की प्रत्येक तरंगदैर्ध्य के अंतर्गत घनत्व एवं दाब में परिवर्तनों का परास अति विस्तृत होता है। इसके फलस्वरूप उच्च प्रतिबल उत्पन्न होता है जिससे अणु उच्च गतीय कंपन करते हैं। यह अधिकांश पदार्थों में ऊष्मा भी उत्पन्न करते हैं। इनका उपयोग द्रवों को अत्यल्प बूँदें प्राप्त करने में भी किया जाता है। श्वास द्वारा अंतःक्षिप्त की जाने वाली औषधि को पराश्रव्य ध्वनि द्वारा इतने छोटे साइज़ की बूँदों में तोड़ दिया जाता है ताकि वह फुफ्फुस (फेफड़ा) की कूपिकाओं में आसानी से प्रवेश कर सकें।

## आपने क्या सीखा

- किसी वस्तु की गति जो निश्चित अन्तराल के पश्चात् नियमित रूप से दोहराई जाती है, **आवर्ती गति** कहलाती है।
- जब कोई वस्तु अपनी माध्य स्थिति के इधर-उधर, नियमित रूप से बार-बार गति करती है, तो इसकी गति को **दोलन गति** या **कम्पन गति** कहते हैं।
- प्रत्येक दोलन गति, आवर्ती गति होती है, किन्तु प्रत्येक आवर्ती गति दोलन गति नहीं होती।
- सरल लोलक एक छोटा गोलक होता है, जिसे एक हल्के, लम्बे धागे से लटकाया जाता है और जो इधर-उधर झूलने के लिए मुक्त है।
- लोलक के गोलक की, एक सिरे से दूसरे सिरे तक और फिर वापस पहले सिरे तक की गति को **एक दोलन** कहते हैं।
- गोलक द्वारा एक दोलन पूरा करने में लगाए गए समय को **आवर्त काल** कहते हैं।
- सरल लोलक की का आवर्त काल, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ होता है। यह लोलक की लम्बाई $L$ पर निर्भर करता है और किसी स्थान पर गोलक के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता।
- लोलक के प्रति सेकंड दोलनों को उसकी आवृत्ति कहते हैं। यह अपूर्ण संख्या भी हो सकती है।
- किसी माध्यम के कणों के बारंबार दोलनों से उत्पन्न

विक्षोभ जो पदार्थ अथवा माध्यम के वास्तविक स्थानान्तरण के बिना उस माध्यम से होकर जाता है, **तरंग** कहलाता है। विक्षोभ की गति को **तरंग गति** कहते हैं।

- किसी तरंग के अधिकतम विस्थापन को उसका **आयाम** कहते हैं। किसी माध्यम में तरंग के संचरण के वेग को उसका तरंग वेग ($V$) कहते हैं।
- वह न्यूनतम समय जिसके पश्चात्, किसी स्थिति पर, विक्षोभ का पैटर्न स्वयं को दोहराता है, तरंग का आवर्त काल ($T$) कहलाता है। कोई विशेष पैटर्न एक सेकंड में जितनी बार दोहराया जाता है उस संख्या को तरंग की आवृत्ति ($\nu$) कहते हैं।
- तरंगदैर्ध्य ($\lambda$), आवृत्ति ($\nu$) या आवर्त काल ($T$) व तरंग वेग ($V$) में यह संबंध होता है :

$$V = \frac{\lambda}{T};\ \nu = \frac{1}{T};\ V = \nu\lambda$$

- ध्वनि तरंगें अवरोधों या पृष्ठों से टकराने के पश्चात् प्रतिध्वनि उत्पन्न करती हैं।
- सोनार (SONAR) वह युक्ति है जिसमें पराश्रव्य तरंगों व ध्वनि के परावर्तन का उपयोग होता है। यह पानी के भीतर डूबे हुए जहाजों, पनडुब्बियों जैसी अन्य वस्तुओं की उपस्थिति ज्ञात करने के लिए, व प्रेक्षण के लिए प्रयुक्त होता है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

प्रश्न 1– 4 में सही विकल्प चुनिए –

1. यदि आयाम अधिक न हो तो सरल लोलक का आवर्त काल निम्नलिखित में से किस पर निर्भर करता है :
   (अ) गोलक के द्रव्यमान (ब) गोलक की लम्बाई
   (स) गोलक के आकार (द) गोलक के आयाम
2. दोलन करते हुए लोलक के गोलक की चाल अधिकतम कहाँ होती है :
   (अ) अधिकतम विस्थापन की स्थिति पर (ब) माध्य स्थिति व दाईं चरम स्थिति के बीच में
   (स) माध्य स्थिति व बाईं चरम स्थिति के बीच में (द) माध्य स्थिति पर
3. यदि सरल लोलक की लम्बाई को दोगुना कर दिया जाए तो, उसका आवर्तकाल हो जायेगा :
   (अ) आधा (ब) दोगुना (स) $\sqrt{2}$ गुना अधिक (द) $\sqrt{2}$ गुना कम
4. निम्नलिखित में से तरंगें किसे एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाती हैं ?
   (अ) द्रव्यमान (ब) वेग (स) तरंगदैर्ध्य (द) ऊर्जा
5. उस सरल लोलक की लम्बाई परिकलित कीजिए, जिसका आवर्त काल चन्द्रमा पर वही होगा जो 96 cm लम्बाई के सरल लोलक का पृथ्वी पर होता है। चन्द्रमा पर गुरुत्वीय त्वरण (g) का मान पृथ्वी की अपेक्षा 1/6 है।
6. 9.8 मीटर लम्बे सरल लोलक का आवर्त काल परिकलित कीजिए। ($g = 9.8\ m/s^2$)
7. मानव हृदय, औसत रूप में, एक मिनट में 75 बार धड़कता है। उसकी आवृत्ति परिकलित कीजिए।
8. किसी व्यक्ति का श्रव्य परास 20 Hz से 20 kHz है। इन दो आवृत्तियों के तदनरूपी वायु में ध्वनि तरंगों की प्ररूपी तरंगदैर्ध्य ज्ञात कीजिए। वायु में ध्वनि का वेग 344 m/s है।
9. दो बालक किसी लोहे के दो विपरीत सिरों पर हैं। एक बालक नलिका के एक सिरे को पत्थर से ठोंकता है। ध्वनि के लोहे और वायु से होकर दूसरे बालक तक जाने में लगे समयों का अनुपात ज्ञात कीजिए।
   (संकेत – सारणी 12.1 में दिए गए ध्वनि के वेगों का प्रयोग कीजिए)
10. किसी लंगर (खड़ी नाव) से जल तरंगें लगातार टकरा रही हैं। यदि इन तरंगों के दो क्रमागत शृंगों के बीच की 100 m तथा जल में तरंगों का वेग 20 m/s है तो तरंगों के नाव से टकराने की आवृत्ति क्या है ?

11. किसी स्लिंकी पर कोई अनुदैर्ध्य तरंग उत्पन्न की जाती है। यह तरंग 30 cm/s वेग से चलती है और इसकी आवृत्ति 20 Hz है। स्लिंकी के दो क्रमागत संपीडनों के बीच न्यूनतम दूरी कितनी है ?

12. कोई तरंग-स्रोत 0.4 सेकंड में 40 शृंग और 40 गर्त उत्पन्न करता है। तरंग की आवृत्ति ज्ञात कीजिए।

13. सोनार द्वारा पानी के पृष्ठ पर ध्वनि स्पंद उत्सर्जित किए जाते हैं। ये स्पंद पानी की तली से परावर्तन के पश्चात् संसूचित किए जाते हैं। यदि उत्सर्जन व संसूचन के बीच समय अंतराल 2 सेकंड है, तो पानी की गहराई कितनी है? (संकेत – पानी में ध्वनि का वेग सारणी 12.1 से प्राप्त कीजिए)

14. काई बच्चा किसी शक्तिशाली पटाखे के फटने के 4 सेकंड बाद उसकी किसी खड़ी चट्टान के कारण प्रतिध्वनि सुनता है। बच्चे से चट्टान की दूरी क्या है ?

15. कोई पत्थर किसी 44.1 मीटर गहरे कुएँ में डाला जाता है। यदि पत्थर के पानी से टकराने पर उत्पन्न ध्वनि, पत्थर गिराने के 3.13 सेकंड बाद सुनाई देती है, तो ध्वनि का वायु में वेग ज्ञात कीजिए।

अध्याय

# कोशिका व कोशिका संरचना
# (Cell and Cell Structure)

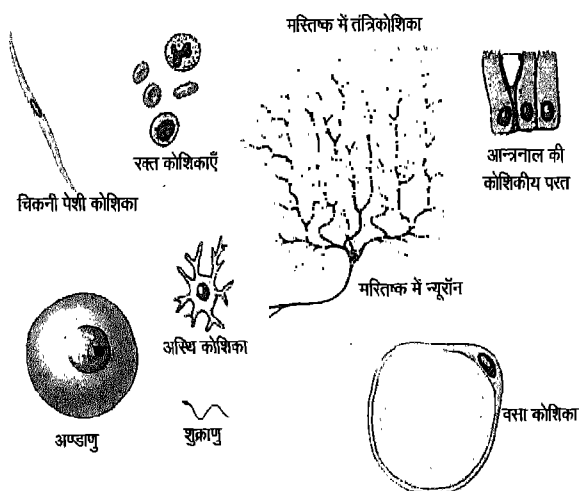
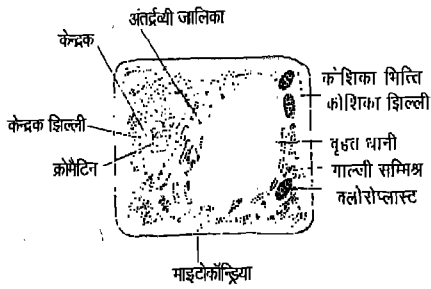
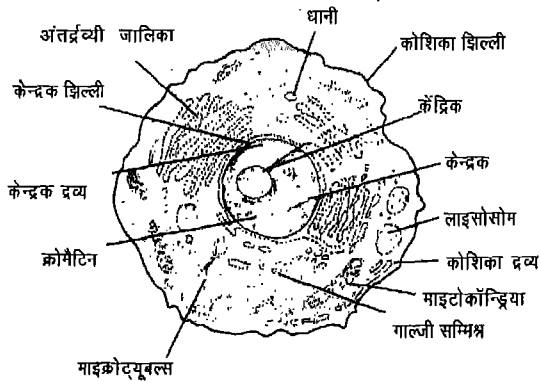
हमारे संसार में बहुत अलग-अलग प्रकार के जीव हैं जो एक दूसरे से बहुत भिन्न दिखाई देते हैं। पर क्या आप जानते हैं कि ये सभी छोटी इकाइयों से बने हैं जिन्हें कोशिकाएँ कहते हैं। ***कोशिका सभी जीवों की संरचनात्मक व कार्यात्मक इकाई है।*** एक अकेली कोशिका एक पूरा जीव भी बना सकती है, जैसे-**बैक्टीरिया, अमीबा, क्लेमिडोमोनास** आदि; या यह बड़े पौधों व प्राणियों में ठसाठस भरी हुई करोड़ों-अरबों कोशिकाओं में से एक हो सकती है। सभी कोशिकाएँ, चाहे वे एककोशिक जीव के रूप में विद्यमान हों या बहुकोशिक जीवों के अंश रूप में, कुछ आधारभूत कार्य संपन्न करती हैं, जैसे-श्वसन और पोषण आदि, जो उनकी उत्तरजीविता के लिए अनिवार्य है।

संख्या, आकृति व आकार में कोशिकाएँ न केवल भिन्न जीवों में, बल्कि एक ही शरीर के विभिन्न अंगों में भी तरह-तरह की हैं (चित्र 13.1)। एककोशिक जीव भी आकृति व आकार में भिन्न होते हैं। कोशिकाओं की आकृति व आकार वास्तव में उनके द्वारा संपन्न विशेष कार्य से संबंधित होते हैं, जबकि उनकी संख्या शरीर व अंगों का आकार बढ़ाने के लिए होती है। अतः छोटे जीवों में कोशिकाएँ सीमित संख्या में होती हैं, बड़ों (जैसे हाथी, ह्वेल या वटवृक्ष) में इनकी संख्या अनगिनत होती है। उदाहरणस्वरूप, **मनुष्य में कोशिकाओं की संख्या** लगभग 1000 खरब ($10^{14}$) आंकी जाती है।

एक कोशिका किससे बनी होती है ? यह एक प्राणदायक पदार्थ जीव द्रव्य (प्रोटोप्लैज्म) से बनी होती है। जीव द्रव्य बहुत विभिन्न प्रकार के रासायनिक अणुओं का एक समूह है। इनमें से अधिकतर कार्बनिक अणु हैं, जैसे प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, न्यूक्लीक अम्ल, आदि।

## 13.1 कोशिका संरचना

आइए, अब हम कोशिका की संरचना को समझें। यद्यपि इनकी आकृति, आकार और गतिविधियाँ परिवर्तनशील हैं, तथापि सभी कोशिकाओं के तीन मुख्य कार्यक्षेत्र है : प्लैज़्मा झिल्ली, केंद्रक और कोशिका द्रव्य।

कोशिकाएँ पहली बार सन् 1665 में **रॉबर्टहुक** (एक अंग्रेज वैज्ञानिक) द्वारा खोजी गईं। एक आद्य सूक्ष्मदर्शी की सहायता से उसने एक कार्क के टुकड़े (कतले) में कोशिकाएँ देखीं। **लीवन हॉक** (1674) ने सुधरी किस्म के सूक्ष्मदर्शी के साथ पहली बार बैक्टीरिया के रूप में मुक्त कोशिकाएँ खोजीं। **राबर्ट ब्राउन** ने 1831 में कोशिका में केंद्रक की खोज की। 1939 में **जे. ई. परकिंजे** ने कोशिका के जीवित पदार्थ को 'प्रोटोप्लैज्म' (जीव द्रव्य) का नाम दिया। कोशिका-सिद्धांत, अर्थात् सभी पौधे और प्राणी कोशिकाओं से बने हैं और कोशिका जीवन की मूल इकाई है, दो जर्मन जीव वैज्ञानिकों, **एम. शिलडन** (1838) और **टी. श्वान** (1839) ने प्रस्तुत किया। **विरचो** (1855) ने अपने इस कथन द्वारा कि सभी कोशिकाएँ पहले से विद्यमान कोशिकाओं द्वारा ही पैदा होती हैं, कोशिका-सिद्धांत, को आगे बढ़ाया। 1940 में इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की खोज के साथ, हमारे लिए कोशिका की जटिल संरचना और इसके विभिन्न कोशिकांगों को अधिक अच्छे ढंग से देखना व समझना संभव हुआ।

*चित्र 13.1 : मानव शरीर में कोशिकाओं की विविधता।*

*चित्र 13.2 (a) : पादप कोशिका।*

*चित्र 13.2 (b) : प्राणी कोशिका।*

### 13.1.1 प्लैज्मा झिल्ली या कोशिका झिल्ली

यह हर कोशिका की बाह्य आवरण होती है, जो इसकी अंतर्वस्तु को चारों ओर के माध्यम से अलग करती है। यह वसा व प्रोटीन से बनी होती है और कोशिका अंतर्वस्तु की सुरक्षा के लिए एक भौतिकीय रोध प्रदान करती है। कोशिका झिल्ली का मुख्य कार्य कोशिका और उसके बाहर के माध्यम के बीच आण्विक गतिविधि को नियंत्रित करना है। कोशिका के दो अन्य प्रमुख अंश, अर्थात् केंद्रक व कोशिका द्रव्य, जो प्रोटोप्लैज्म बनाते हैं, कोशिका झिल्ली से घिरे होते हैं। पादप कोशिकाओं में इसके अतिरिक्त एक दृढ़ कोशिका भित्ति होती है जो कोशिका झिल्ली के बाहर स्थित होती है। **कोशिका भित्ति** का मुख्य अवयव सैलूलोज़ पौधों को संरचनात्मक शक्ति प्रदान करने के लिए उत्तरदायी है।

### 13.1.2 केंद्रक

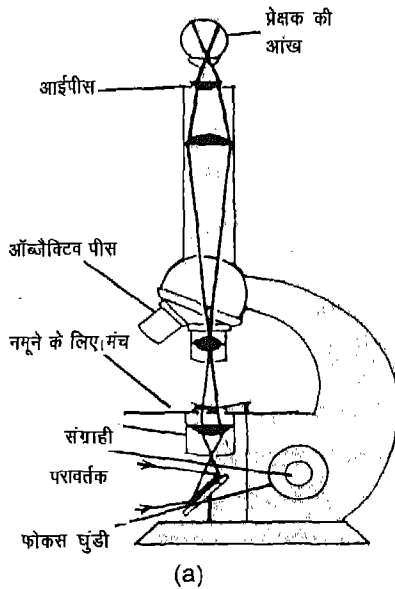
यह एक प्रमुख, गोलाकर या अंडाकार संरचना है जो प्रायः कोशिका केंद्र के निकट स्थित होता है। यह सभी कोशिकीय गतिविधियों का नियंत्रण केंद्र है। यह एक द्विपरती झिल्ली, केंद्रकीय झिल्ली से घिरा होता है जो इसे कोशिका द्रव्य से अलग करती है। केंद्रकीय झिल्ली में कुछ छिद्र होते हैं जो केंद्रक के अंदर के केंद्रक द्रव्य और कोशिका द्रव्य के बीच पदार्थों का आदान-प्रदान होने देते हैं। केंद्रक के मुख्य अवयव हैं : (a) **क्रोमैटिन पदार्थ** जो एक धागेनुमा संरचना के रूप में है, और (b) **केंद्रिक,** जिसमें अधिकतर आर. एन. ए.(राइबोन्यूक्लीक एसिड) होता है। आर. एन. ए. कोशिका द्रव्य में प्रोटीन बनाने में सहायता करता है। क्रोमेटिन पदार्थ, मुख्यतया **डी. एन. ए.** (डिऑक्सीराइबोन्यूक्लीक एसिड) से बना होता है। यह आनुवंशिक सूचनाओं को संचित करने व एक पीढ़ी से दूसरी में प्रेषित करने के लिए उत्तरदायी है। कोशिका विभाजन के समय यह सघन छड़नुमा पिंडों–गुणसूत्रों (Chromosome) में संघनित हो जाते हैं। गुणसूत्रों में जीन होते हैं, जो डी. एन. ए. के खंड हैं। एक जीन गुणसूत्र की कार्यात्मक इकाई है। जीन गुणसूत्रों की लंबाई में एक रैखिक क्रम में व्यवस्थित होते हैं। एक जीन एक या कई कोशिका कार्यों के लिए उत्तरदायी हो सकता है या एक जीन समूह केवल एक कार्य संचालित करता है।

### 13.1.3 कोशिका द्रव्य

यह केंद्रक के अतिरिक्त कोशिका का शेष भाग है। इसमें विभिन्न कोशिकांग होते हैं। ये कोशिका की विभिन्न गतिविधियों में सहायता करते हैं।

**क्रियाकलाप 1**

नन्हीं कोशिकाओं को देखने के लिए आपको एक सूक्ष्मदर्शी की आवश्यकता है। इसके प्रयोग से पहले, आइए इसके विभिन्न भागों से अवगत होने की कोशिश करें। साधारण छात्र-सूक्ष्मदर्शी (Student's microscope) भी, जो प्रायः आप स्कूल में प्रयोग करते हैं, उससे कहीं अधिक विकसित है जो रॉबर्ट हुक व लीवन हॉक ने पहली बार कोशिकाएँ देखने के लिए प्रयोग किया था। जैसा कि चित्र (13.3) में दिखाया गया है, नमूने / वस्तु (object) को शीशे की स्लाइड पर रखकर सूक्ष्मदर्शी के लगभग मध्य में ऑब्जैक्टिव पीस (objective piece) के नीचे एक मंच (stage) पर रखा जाता है। एक परावर्तक (reflector) शीशे व एक संग्राही (condenser) की सहायता द्वारा मंच के नीचे से वस्तु में से प्रकाश गुजारा जाता है। ऊपरी भाग में आई-पीस से आप अपने नमूने का एक आवर्धित (magnified) बिंब देख सकते हैं।

फोकस घुंडी (focus knob) द्वारा ठीक से फोकस करके आप एक साफ बिंब पा सकते हैं। उच्च व निम्न शक्ति के ऑब्जैक्टिव पीस बदलने से आप बिंब का आवर्धन घटा या बढ़ा सकते हैं।

*चित्र 13.3 : संयुक्त सूक्ष्मदर्शी व प्रकाश पथ।*

## क्रियाकलाप 2

आप एक कोशिका देखने के लिए जरूर उत्सुक होंगे। आइए, इनके विविध प्रकार जाँचने के लिए कुछ साधारण से उपक्रम बनाएँ।

### (i) पादप कोशिकाएँ

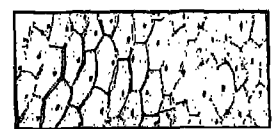
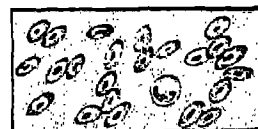
(a) आपका कोशिकाओं के अध्ययन का आरंभ उसी ढंग से करना, जैसा कि 1665 में रॉबर्ट हुक ने पहली बार किया था, बड़ा रुचिकर होगा। आपके पास वही मूल उपकरण (सूक्ष्मदर्शी) और पदार्थ (एक बोतल-कार्क) है जो हुक के पास था। सूक्ष्मदर्शी में बहुत सुधार है, पर कार्क में कोई बदलाव नहीं है। इसकी संरचना अब भी वही है जो तब थी, जब इसको पहली बार सूक्ष्मदर्शी से देखा गया। एक बोतल-कार्क को एक हाथ में दृढ़ता से पकड़ें और केवल एक-धार वाले उस्तरे (razor blade) से इसकी पतली से पतली कतली (slice) काटने की कोशिश करें। इस काट (section) को एक कांच की स्लाइड पर एक बूँद पानी में रखकर सूक्ष्मदर्शी की कम व ज्यादा शक्ति (power) के नीचे देखें। कार्क संरचना के स्पष्टतम दृश्य के लिए पतले से पतले किनारे को साथ-साथ देखें

(b) प्याज का एक टुकड़ा लें। एक चिमटी की सहायता से अंदरूनी अवतल (concave) सतह से एक पपड़ी/झिल्ली उतार लें। इसका एक टुकड़ा बिना किसी आयोडीन/सेफ्रनीन सिलवट के एक कांच की स्लाइड़ पर एक बूँद पानी में रखें। एक बूँद आयोडीन घोल डालकर कवरस्लिप रखें और सूक्ष्मदर्शी की कम व अधिक पावर में देखें। कुछ कोशिकाओं का, उनकी अंतर्वस्तु सहित, उतना विस्तृत चित्र बनाएँ जितना आप देख सकते हैं।

(c) ट्रेडेसकैंशिया (Tradescantia or *Rhoeo discolor*) के पत्ते के निचली सतह से छिलके (बैंगनी रंग) का एक टुकड़ा उतारें। इसको कांच की स्लाइड पर एक बूँद पानी में रखकर सूक्ष्मदर्शी की कम व अधिक पावर में देखें।

### (ii) प्राणी कोशिकाएँ

(a) एक रोगाणुमुक्त (sterile) दंत कुरेदनी अथवा आइसक्रीम चम्मच से अपने गाल की अंदरूनी परत खुरचें। इस खुरचे हुए पदार्थ को एक सुई की सहायता से एक कांच की स्लाइड पर एक बूँद पानी में फैलाएँ। इस पर मिथाईलीन ब्लू की एक बूँद डाल कर कवरस्लिप ढकें। कोशिकाओं की आकृति को सूक्ष्मदर्शी की कम व अधिक पावर में देखें।

(b) अपने या मेंढक के खून की एक बूँद एक स्लाइड पर रखें और एक दूसरी स्लाइड़ की सहायता से इसका लेप (smear) बनाएँ। एक बूँद मिथाईलीन ब्लू की डालें और कवरस्लिप रखकर सूक्ष्मदर्शी की कम व अधिक पावर में इनका आकार व केंद्रक देखें।

*चित्र 13.4 : प्राणी व पादप कोशिकाएं (सूक्ष्मदर्शी के नीचे) : (a) गाल कोशिकाएँ, (b) रक्त कोशिकाएँ (c) प्याज की झिल्ली, (d) रोहियो का पत्ता।*

## 13.2 कोशिकांग

हम अधिकांश कोशिकांग, विशेषकर उनकी संरचना, प्रकाश सूक्ष्मदर्शी में नहीं देख पाते हैं। परंतु कोशिका की कार्यात्मकता को समझने के लिए थोड़ा इनकी संरचना के बारे में जानना आवश्यक है।

एक कोशिका को बहुत से कार्य संपन्न करने होते हैं जैसे कि **संश्लेषण करना, स्रावित करना, पचाना (अपघटन), ऊर्जा पैदा करना**, आदि। कोशिका की ये गतिविधियाँ **विभिन्न कोशिकांग** चलाते हैं। ये कोशिकांग झिल्लीदार ढाँचे (एक या द्विपरती) से घिरे होते हैं।

### 13.2.1 अंतर्द्रव्यी जालिका

यह एक तरल से भरी हुई अवकोशिका को घेरे हुए झिल्लीदार जाली है। यह दो प्रकार की है– **खुरदरी अंतर्द्रव्यी जालिका** (अपनी सतह पर राइबोसोम जड़े हुए) प्रोटीन संश्लेशण के लिए; और **चिकनी अंतर्द्रव्यी जालिका** (बिना राइबोसोम के) लिपिड स्राव के लिए। **राइबोसोम** कोशिका द्रव्य में अलग से भी होते हैं। जालिका में संश्लेषित कुछ प्रोटीन व लिपिड नए कोशिकीय अंश (विशेषतया कोशिका झिल्ली) बनाने में प्रयुक्त होते हैं। कुछ अन्य, कोशिका के अंदर या जब कोशिका से बाहर स्रावित किए जाते हैं, एंजाइम व हारमोन के रूप में कार्य करते हैं।

### 13.2.2 गॉल्जी उपकरण

यह एक चिकने, चपटे, नलिकाकार उपक्रम समूह से बना है। ये प्रायः समानांतर पंक्तियों में एक ढेर में होते हैं। गॉल्जी उपकरण कोशिका का स्रावी अंगक है। यह कोशिका में संश्लेषित पदार्थों के पैकेज बनाकर कोशिका के अंदर (प्लैज़्मा झिल्ली व लाइसोसोम) व बाहर के लक्ष्यों को भेजता है। गॉल्जी सम्मिश्र लाइसोसोम और पराक्सिसोम को बनाने में भी शामिल है। गॉल्जी उपकरण पौधों में जब छोटी इकाइयों में होते हैं, तो जालीकाय (डिक्टियोसोम) कहलाते हैं।

### 13.2.3 लाइसोसोम

ये झिल्ली से बँधी पुटिकाएँ हैं और प्रत्येक कोशिका में काफी मात्रा में पाई जाती हैं। इनमें शक्तिशाली जल-अपघटनीय (hydrolytic) एंजाइम होते हैं जो सभी कार्बनिक पदार्थों को पचाने में सक्षम होते हैं। ये अंतःकोशिका पाचन क्रिया में सहायता करते हैं, इसलिए **पाचक थैली** कहलाते हैं। ये कोशिका के अंदर किसी भी बाह्य पदार्थ, जैसे बैक्टीरिया आदि, को नष्ट कर देते हैं। ये पुराने घिसे-पिटे व अस्वस्थ कोशिकांगों को भी पचाकर हटा देते हैं ताकि नए कोशिकांगों को जगह मिल सके। यदि पूर्ण क्षतिग्रस्त या मृत कोशिकाओं को नष्ट करने की आवश्यकता हो तो ये अपनी झिल्ली तोड़कर एक ही बार में अपना सारा द्रव्य मुक्त कर देते हैं। चूँकि इस क्रिया में ये स्वयं भी नष्ट हो जाते हैं, इसलिए इनको **आत्मघाती थैली** भी कहा जाता है।

### 13.2.4 परॉक्सिसोम

ये छोटे, झिल्ली से घिरे हुए कोश हैं और इनमें शक्तिशाली आक्सीकर (oxidative) एंजाइम होते हैं। ये अधिकतर वृक्क व यकृत कोशिकाओं में मिलते हैं। इनमें, कुछ आक्सीकारक क्रियाएँ पूरा करने की विशेषता होती है, जिनमें कुछ विषाक्त पदार्थों को हटाना शामिल है।

### 13.2.5 माइटोकॉन्ड्रिया (सूत्रकणिका)

ये दंडाकार, पुटिकामय कोशिकांग हैं। प्रत्येक दोहरी झिल्ली से घिरा होता है। बाह्य झिल्ली चिकनी है और भीतरी अंगुलीनुमा क्रिस्टी बनाती है जिससे इस झिल्ली का सतही विस्तार बहुत बढ़ जाता है। इनके एंजाइम द्वारा कोशिकीय श्वसन होता है, जिससे ऊर्जा पैदा होती है। अतः ये कोशिका के **ऊर्जा संयंत्र** भी कहे जाते हैं। यहाँ पर आहार अणुओं की ऊर्जा, प्रयोग में आने वाली ऊर्जा में बदली जाती है और ऐडेनोसिन ट्राईफॉसफेट (ए.टी.पी.) अणुओं में संग्रहित कर दी जाती है। ए.टी.पी. में संग्रहित ऊर्जा को शरीर की कोशिकाएँ नए रसायन मिश्रण बनाने और उनको ढोने के लिए और यांत्रिक क्रियाओं में प्रयोग करती हैं।

### 13.2.6 प्लैस्टिड (लवक)

ये केवल पादप कोशिकाओं में पाए जाते हैं। अधिकतर प्लैस्टिड में वर्णक होते हैं। संरचना में प्लैस्टिड लगभग माइटोकॉन्ड्रिया से मिलते हैं। इनमें भी दो झिल्लियाँ होती हैं, पर क्रिस्टी नहीं होती। कई प्रकार के कार्यों के लिए इनको दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है। रंगरहित श्वेतकणक अथवा अवर्णी लवक (leucoplast) स्टार्च कणिकाओं व तैलीय बूँदों को बनाने और संग्रहित करने के लिए हैं। वर्णक क्रोमोप्लास्ट (वर्ण लवक) अलग-अलग रंगों में कई प्रकार के होते हैं। इनमें **क्लोरोप्लास्ट** (हरित लवक), हरे रंजक क्लोरोफिल के साथ, सबसे महत्त्वपूर्ण हैं, जो **प्रकाश संश्लेषण** द्वारा आहार

तैयार करने के लिए उत्तरदायी हैं। दूसरे वर्णलवकों में अन्य वर्णक होते हैं जो फलों व फूलों के विशेष रंगों के लिए उत्तरदायी हैं।

दूसरे अन्तरंगकों में सैन्ट्रोसोम व धानियाँ प्रमुख हैं। इनका वर्णन नीचे दिया गया है।

### सैन्ट्रोसोम

सैन्ट्रोसोम केवल प्राणी कोशिकाओं में पाया जाता है, यह दो कणिकाओं (तारक केन्द्रों) से बना होता है। सैन्ट्रोसोम कोशिका विभाजन में सहायता करता है। पादप कोशिकाओं में यह कार्य ध्रुवीय टोपी करती हैं।

### धानियाँ

ये जब प्राणी कोशिकाओं में होती हैं तो वे छोटी व बहुसंख्या में होती हैं। पादप कोशिकाओं में एक बहुत बड़ी धानी होती है। यह एक कोशिका का लगभग 90 प्रतिशत घेर लेती है। इसकी केंद्रीय स्थिति के कारण पादप कोशिकाओं में केंद्रक व अन्य कोशिकांग सीमा-भित्ति की ओर चले जाते हैं। ये वृहतधानियाँ तरल कोशिका रस से भरी होती हैं, और इस प्रकार पौधों को स्फीत दृढ़ता प्रदान करती हैं।

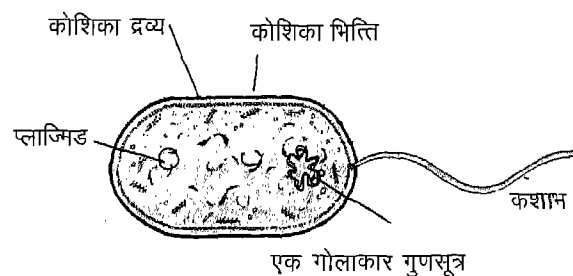
पादप कोशिकाओं और प्राणी कोशिकाओं में सभी अंतर सारणी 13.1 में दिखाए गए हैं।

## 13.3 असीमकेंद्रक व ससीमकेंद्रक कोशिकाएँ

संगठन की जटिलता के आधार पर कोशिकाएँ दो प्रकार की होती हैं: असीमकेंद्रक (Prokaryotic) व

**प्रश्न**

1. कोशिकांगों के नाम लिखें।
2. कोशिका के तीन प्रमुख कार्यात्मक क्षेत्र कौन से हैं ?
3. पादप और प्राणी कोशिका में तीन अंतर बताएँ
4. ससीमकेंद्रक कोशिका क्या है ?

ससीमकेंद्रक (Eukaryotic)। ऊपर दिया गया विवरण ससीमकेंद्रक कोशिका का है। इन दो प्रकार की कोशिकाओं में मुख्य अंतर, असीमकेंद्रक कोशिकाओं में केंद्रकीय झिल्ली का न होना है। केंद्रक पदार्थ, केवल एक गुणसूत्र से बना हुआ कोशिका द्रव्य के सीधे संपर्क में होता है। यहाँ केंद्रकीय क्षेत्र को केंद्रकाभ (nucleoid) कहते हैं। इसमें झिल्ली से घिरे अन्य कोशिकांग भी विद्यमान नहीं होते हैं। असीमकेंद्रकीयों में बैक्टीरिया व साइनोबैक्टीरिया (नील-हरित शैवाल) सम्मिलित हैं। जबकि अधिकतर प्राणी व पौधे ससीमकेंद्रक कोशिकाओं से बने होते हैं।

*चित्र 13.5 : बैक्टीरिया की संरचना ।*

**सारणी 13.1 : प्राणी और पादप कोशिका में अंतर।**

| *प्राणी कोशिका* | *पादप कोशिका* |
|---|---|
| 1. प्रायः आकार में छोटी होती है। | 1. अपेक्षाकृत आकार में बड़ी होती हैं। |
| 2. केवल प्लैज़्मा झिल्ली से ही घिरी होती है। | 2. प्लैज़्मा झिल्ली के अतिरिक्त, एक मोटी भित्ति से घिरी होती है। |
| 3. क्लोरोप्लास्ट (प्लैस्टिड) नहीं होते हैं। | 3. प्लैस्टिड बहुत सामान्य। |
| 4. कोशिकाद्रव्य में अधिकतर धानियाँ छोटी होती हैं। | 4. केंद्रीय स्थान वृहतधानी से भरा हुआ होता है और कोशिका द्रव्य परिधि के साथ होता है। |
| 5. प्रमुख व बहुत जटिल गॉल्जीकाय केंद्रक के पास होती है। | 5. गॉल्जी उपकरण कई छोटी इकाइयों में होते हैं जिन्हें डिक्टियोसोम कहते हैं। |
| 6. सेंट्रोसोम व तारक केंद्र होते हैं। | 6. इनके स्थान पर दो छोटे साफ क्षेत्र होते हैं जिन्हें ध्रुवीय टोपी कहते हैं। |

सारणी 13.2 : असीमकेंद्रकी व ससीमकेंद्रकी में अन्तर।

| असीमकेंद्रकी | ससीमकेंद्रकी |
| --- | --- |
| 1. आकार प्रायः छोटा होता है (1 से 10 माइक्रॉन)। | 1. आकार प्रायः बड़ा होता है। (5 से 100 माइक्रॉन)। |
| 2. केंद्रक क्षेत्र (न्यूक्लिआइड) झिल्ली द्वारा नहीं घिरा हुआ होता है। | 2. केंद्रक पदार्थ एक झिल्ली द्वारा घिरा हुआ होता है। |
| 3. केवल एक गुणसूत्र पाया जाता है। | 3. एक से अधिक गुणसूत्र पाए जाते हैं। |
| 4. केंद्रिक (न्यूक्लिओलस) विद्यमान नहीं हैं। | 4. केंद्रिक विद्यमान हैं। |
| 5. कोशिकांग विद्यमान नहीं होते हैं। | 5. कोशिकांग विद्यमान होते हैं। |
| 6. कोशिका विभाजन या विखंडन मुकुलन द्वारा (सूत्रीविभाजन नहीं) होता है। | 6. कोशिका विभाजन समसूत्रण या अर्धसूत्रण द्वारा होता है। |

असीमकेंद्रक व ससीमकेंद्रक कोशिकाओं में अंतर सारणी 13.2 में दिए गए हैं।

**प्रश्न**

1. असीमकेंद्रक कोशिका क्या है ?
2. असीमकेंद्रक व ससीमकेंद्रक कोशिकाओं में भेद बताइए।

## 13.4 कोशिका विभाजन

आइए, अब हम समझने की कोशिश करें कि एक कोशिका अपने को गुणित कैसे करती है। कोशिका-गुणन शरीर की बढ़ोतरी, विकास व रख-रखाव के लिए जरूरी है। कोशिका अपने को बार-बार विभाजित करके गुणित करती है। कोशिका विभाजन दो प्रकार के हैं, एक समसूत्री (mitosis) है जहाँ गुणसूत्रों की संख्या और प्रकार वैसे ही बने रहते हैं। एक द्विगुणित (2n) पितृकोशिका अपने जैसी दो द्विगुणित संतति कोशिकाओं को जन्म देती है। दूसरे प्रकार में, जो अर्धसूत्री विभाजन (meiosis) कहलाता है, गुणसूत्रों की संख्या आधी रह जाती है (n अगुणित)। समसूत्री विभाजन अधिकतर दैहिक कोशिकाओं में होता है और अर्धसूत्री जनन कोशिकाओं में। समसूत्री या अर्धसूत्री विभाजन से पहले कोशिका अपना क्रोमैटिन पदार्थ दुगना कर लेती है।

### 13.4.1 समसूत्री विभाजन

इस प्रकार का विभाजन दो समरूप कोशिकाएँ उत्पन्न करती हैं। यद्यपि कोशिका विभाजित हो जाती है, गुणसूत्रों की संख्या वही रहती है। कोशिका की अविभाजित अवस्था में गुणसूत्र नहीं दिखाई देते, क्योंकि वहाँ क्रोमैटिन पदार्थ एक जाल रूप में होता है। परंतु ज्यों ही विभाजन क्रिया आरंभ होती है क्रोमैटिन पदार्थ छोटा और घना होकर गुणसूत्र में परिवर्तित हो जाता है। समसूत्री कोशिका विभाजन एक निरंतर प्रक्रिया है, इसको निम्नलिखित चार अवस्थाओं में बाँटा जा सकता है।

**(i) प्रोफेज़** : गुणसूत्र धागे की तरह देखे जा सकते हैं। प्रत्येक गुणसूत्र दो समरूपी क्रोमेटिड (अर्धगुणसूत्र) से बना है जो सेन्ट्रोमियर (गुणसूत्र बिंदु) पर एक साथ जुड़े हैं। केंद्रिक (न्यूक्लिओलस) धीर-धीरे घट कर लुप्त हो जाता है। केंद्रक झिल्ली का टूटना और इसका बाद में लुप्त हो जाना, प्रोफेज़ अवस्था की समाप्ति की निशानी है।

**(ii) मेटाफेज़** : केंद्रिक और केंद्रक झिल्ली लुप्त हो जाती हैं। कोशिका के मध्य में एक तर्कुनुमा संरचना बन जाती है। गुणसूत्र (प्रत्येक दो अर्धगुणसूत्रों से बना हुआ) और अधिक छोटे हो जाते हैं और कोशिका की मध्य रेखा पर व्यवस्थित हो जाते हैं। इनके सेन्ट्रोमियर तर्कु तंतुओं से जुड़ जाते हैं। प्रत्येक गुण सूत्र दो क्रोमोटिड के बने होते हैं।

**(iii) ऐनाफेज़** : प्रत्येक गुणसूत्र का सेन्ट्रोमियर दो भागों में बँट जाता है। जब प्रत्येक अर्धगुणसूत्र को एक सेन्ट्रोमियर मिल जाता है, यह पूरा गुणसूत्र बन जाता है। तर्कु तंतुओं के सिकुड़ने से इन गुणसूत्रों में से एक तर्कु

*चित्र 13.6 : समसूत्री विभाजन।*

*चित्र 13.7 : अर्धसूत्री और समसूत्री विभाजन का आरेखित चित्रण।*

के एक ध्रुव की ओर चलना शुरू कर देता है और दूसरा दूसरी ओर। इस अवस्था के अंत तक कोशिका अपने मध्य भाग में संकुचित होना शुरू कर देती है।

**(iv) टेलोफेज़ :** संतति गुणसूत्र अपने-अपने ध्रुव पर पहुँच जाते हैं और ढीले होकर फिर से क्रोमैटिन लड़ी में बदल जाते हैं। केंद्रक झिल्ली और केंद्रिक के प्रकट होने के साथ ही दो संतति केंद्रक बन जाते हैं। तर्कु तंतु लुप्त हो जाते हैं और मध्यरेखीय संकुचन से कोशिका द्रव्य विभाजित हो जाता है (इस क्रिया को साइटोकाइनेसिस कहते हैं)। इस अवस्था के अंत तक दो पूर्ण संतति कोशिका बन जाती हैं। पादप कोशिका में संतति कोशिकाओं को अलग करने के लिए संकुचन के स्थान पर एक कोशिका पट्टिका (cell plate) बनती है।

दो क्रमिक (एक के बाद एक) समसूत्रीय विभाजनों के बीच की विश्राम या अविभाजित अवस्था को इंटरफेज़ कहते हैं। इस अवस्था में एक कोशिका अपने अधिकतम आकार में बढ़ती है, क्रोमैटिन पदार्थ को दुगना कर लेती है और अपने आपको दूसरे विभाजन के लिए तैयार करती है।

### 13.4.2 अर्धसूत्री विभाजन

यह कोशिका विभाजन का दूसरा प्रकार है जिसमें गुणसूत्रों की संख्या आधी (1n) रह जाती है। यह केवल जनन कोशिकाओं में होता है। अर्धसूत्री विभाजन में कोशिका के लगातार दो विभाजन होते हैं, अर्धसूत्री विभाजन I और अर्धसूत्री विभाजन II। एक पूर्ण अर्धसूत्री विभाजन में चार कोशिकाएँ बनती हैं।

क्या आप जानते हैं कि जनन कोशिकाओं में गुणसूत्रों का आधा होना क्यों आवश्यक है ? अगर गैमिट (युग्मक) कोशिकाएँ (अंडाणु व शुक्राणु) द्विगुणित (2 n) हों, तो वे निषेचन के बाद द्विगुणित गुणसूत्रों की दुगनी संख्या, अर्थात् $2n+2n = 4n$ का युग्मनज (zygote) बनाएगीं। इस स्थिति से बचने के लिए, प्रत्येक युग्मक कोशिका (शुक्राणु व अंडाणु) निषेचन से पहले ही एक न्यूनकारी विभाजन (अर्थात् द्विगुणित से अगुणित) कर लेती है, ताकि परिणामिक युग्मनज अपनी सही द्विगुणित (2n) गुणसूत्री संख्या बनाए रख सके।

**अर्धसूत्री विभाजन I**

विभाजन का यह पहला भाग ही वास्तव में न्यूनकारी विभाजन है जिसमें गुणसूत्रों की संख्या आधी घट जाती है। यह चार चरणों में होता है। प्रोफेज I, मेटाफेज़, ऐनाफेज़ I, और टेलोफेज I। इनमें प्रोफेज़ I अवस्था सबसे लंबी है जो फिर से पाँच भागों में बँटी होती है जिसके बारे में आप उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

विभाजन से पहले ही दुगने हुए क्रोमैटिन पदार्थ के कारण, प्रत्येक गुणसूत्र अब दो क्रोमैटिड (अर्ध गुणसूत्र) से बना होता है। जो कि सेंट्रोमियर पर एक-दूसरे से जुडे होते हैं।

***प्रोफेज I*** **:** इनमें समजात गुणसूत्रों के आपस में जोड़े बन जाते हैं। इस अवस्था में, दोनों समजात गुणसूत्र आपस में कुछ क्रोमैटिन पदार्थ की अदला-बदली भी करते हैं। इनको जीन विनिमय (gene exchange) भी कहते हैं। प्रत्येक समजात गुणसूत्र अपने एक क्रोमैटिड की भुजा दूसरे क्रोमैटिड की भुजा से क्रॉस कराते हैं (Crossing over), और क्रॉस हुई भुजाओं के खंड आपस में बदल लेते हैं। क्रॉसिंग ओवर की इस प्रक्रिया को काइऐज़्मेटा बनना भी कहते हैं। क्रोमैटिन पदार्थ की अदला-बदली संतति कोशिकाओं में (जो अंडाणु या शुक्राणु बनने जा रहे हैं) नए जीन संयोग स्थापित करने में मदद करती है।

***मेटाफेज I*** **:** केंद्रक झिल्ली के लुप्त होने के बाद समजात गुणसूत्रों के जोड़े कोशिका की मध्य रेखा पर व्यवस्थित हो जाते हैं। तर्कु बनने की प्रक्रिया भी अब तक पूरी हो जाती है।

***ऐनाफेज I*** **:** समजात जोड़े में से एक गुणसूत्र एक ध्रुव की तरफ और दूसरा दूसरे ध्रुव की तरफ चलना शुरू कर देता है। इस प्रकार एक-एक क्रोमैटिड की बजाय पूरे गुणसूत्र (दोनों क्रोमैटिड सहित) ही एक दूसरे से अलग हो जाते हैं। परिणामस्वरूप कुल गुणसूत्रों का आधा ही प्रत्येक ध्रुव पर पहुँचता है।

***टेलोफेज I*** **:** आधे गुणसूत्रों वाले पहले दो केंद्रक बनते हैं और फिर पूरी कोशिका दो संतति कोशिकाओं में विभक्त हो जाती है।

### अर्धसूत्री विभाजन II

यद्यपि प्रत्येक संतति केंद्रक में केवल आधे (1 n) गुणसूत्र रह जाते हैं पर आप जानते हैं कि प्रत्येक गुणसूत्र दो क्रोमैटिड से बना होता है। अर्धसूत्री विभाजन के इस दूसरे भाग में सारी क्रियाएँ एक समसूत्री विभाजन जैसी हैं। उसी प्रकार प्रत्येक गुणसूत्र के दो क्रोमैटिड (अर्धगुणसूत्र) अलग होकर बराबर गुणसूत्र संख्या वाले दो संतति केंद्रक बनाते हैं। इस भाग को समसूत्री विभाजन कह सकते हैं। इस प्रकार एक अर्धसूत्री विभाजन में एक द्विगुणित कोशिका चार अगुणित संतति कोशिकाओं को जन्म देती है।

**प्रश्न**

1. दो प्रकार के कोशिका विभाजन कौन-कौन से हैं?
2. समसूत्री विभाजन.......... में होता है
3. अर्धसूत्री विभाजन.......... में होता है।

**सारणी 13.3 : समसूत्री और अर्धसूत्री कोशिका विभाजन में अंतर।**

| *समसूत्री विभाजन* | *अर्धसूत्री विभाजन* |
|---|---|
| 1. दैहिक कोशिकाओं में होता है। | 1. केवल जनन कोशिकाओं में होता है। |
| 2. गुणसूत्रीय संख्या वही (द्विगुणित) रहती है, अतः इसे समसूत्री विभाजन कहते हैं। | 2. गुणसूत्रीय संख्या आधी (अगुणित) रह जाती है, अतः इसे अर्धसूत्री विभाजन कहते हैं। |
| 3. दो संतति कोशिकाएँ बनती हैं। | 3. चार संतति कोशिकाएँ बनती हैं। |
| 4. एक कोशिका विभाजन में चार अवस्थाएँ सम्मिलित हैं। | 4. इसके दो उपविभाजन हैं–I व II, प्रत्येक में चार अवस्थाएँ होती हैं। प्रोफेज–I आगे पाँच अवस्थाओं में विभाजित है। |
| 5. कोई क्रॉसिंग ओवर (जीन विनिमय) नहीं होता। | 5. गुणसूत्रीय पदार्थ का जीन विनिमय द्वारा आदान-प्रदान होता है। |
| 6. संतति कोशिका के गुणसूत्र पितृकोशिका जैसे समरूप (आनुवंशिक पदार्थ स्थिर रहता है)। | 6. संतति कोशिका के गुणसूत्र दोनों माता व पिता के मिश्रित अवयवों के साथ (आनुवंशिक परिवर्तनशील होती है)। |

## आपने क्या सीखा

- कोशिकाएँ जीवन की संरचनात्मक व कार्यात्मक इकाई हैं।
- इनका आकार व आकृति इस बात पर निर्भर करती है कि इनको किस प्रकार का कार्य करना है।
- कोशिकाएँ दो प्रकार की होती हैं– असीमकेंद्रक व ससीमकेंद्रक। असीमकेंद्रक का संगठन सरल है (बिना केंद्रक झिल्ली के), जबकि ससीमकेंद्रक कोशिका जटिल और विकसित प्रकार की है।
- एक कोशिका के तीन मुख्य अंग कोशिका को घेरे हुए एक प्लैज़्मा झिल्ली, एक केंद्रक डी.एन.ए और आर.एन.ए लिए हुए, और सभी कोशिकांगों सहित कोशिका द्रव्य।
- उच्च प्राणी कोशिकाओं (ससीमकेंद्रक) के कोशिका द्रव्य में पाँच प्रकार के झिल्लीयुक्त कोशिकांग होते हैं, यथा अन्तर्द्रव्यी जालिका, गॉल्जी सम्मिश्र (उपकरण), लाइसोसोम, परॉक्सिसोम और सूत्रकणिका (माइटोकॉन्ड्रिया)।
- पादप कोशिकाओं में कुछ उनके विशेष अतिरिक्त अवयव होते हैं, जैसे कि प्लैज़्मा झिल्ली के बाहर एक कोशिका भित्ति दृढ़ता प्रदान करने के लिए, कोशिका मध्य में एक तरल से भरी हुई वृहतधानी स्फीति के लिए, और क्लोरोप्लास्ट (हरित लवक) प्रकाश संश्लेषण के लिए।
- शरीर वृद्धि व रख-रखाव के लिए दैहिक कोशिकाएँ एक सूत्री विभाजन से गुणा होती हैं, जिनमें गुणसूत्रों की दविगुणित संख्या (2n) सभी संतति कोशिकाओं में बनाए रखी जाती है।
- जननक्रिया के लिए, जनन कोशिकाएँ अर्धसूत्री विभाजन से विभक्त होती हैं, जिनमें गुणसूत्री संख्या (2n) सभी संतति कोशिकाओं (अंडाणु व शुक्राणु) में आधी (1n) रह जाती है।

●●●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. जीवन की कार्यात्मक इकाई क्या है ? परिभाषित करिए।
2. असीमकेंद्रक और ससीमकेंद्रक कोशिकाओं में अन्तर बताइए और उनका वर्णन करिए।
3. प्लैज़्मा झिल्ली और कोशिका भित्ति में क्या अन्तर हैं ? प्रत्येक के कार्य बताइए।
4. कोशिका में विद्यमान दोनों न्यूक्लीक एसिड के नाम बताइए ? वे क्या कार्य करते हैं ?
5. जीन क्या है ? इसके कार्यों के बारे में लिखिए।
6. कौन-सा कोशिकांग पाचक थैली कहलाता है और क्यों ?
7. कौन-से कोशिकांग कोशिका के ऊर्जा संयंत्र हैं ? संक्षेप में इनके कार्य बताइए।
8. क्रोमैटिन, क्रोमैटिड और क्रोमोसोम (गुणसूत्र) में अंतर बताइए।
9. निम्नलिखित कोशिका विभाजन की किस अवस्था में होते हैं :
   (क) क्रोमैटिन का गुणसूत्रों में संघनित होना।
   (ख) केंद्रकीय खोल का लुप्त होना।
   (ग) समसूत्री तर्कु का बनना।
   (घ) विभाजित कोशिका के ध्रुव पर केंद्रक का पुनः संगठित होना।
   (ड.) केंद्रकीय झिल्ली का पुनः प्रकट होना।
10. निम्नलिखित प्रत्येक कोशिका अवयव का मुख्य कार्य क्या है ?
   (क) प्लैज़्मा झिल्ली
   (ख) सूत्रकणिका (माइटोकॉन्ड्रिया)
   (ग) गुणसूत्र

(घ) न्यूक्लिओलस (केंद्रिक)
(ङ) लाइसोसोम
(च) कोशिका भित्ति
(छ) राइबोसोम
(ज) क्लोरोप्लास्ट
(झ) गॉल्जी उपकरण
(ञ) परॉक्सिसोम

11. प्राणी व पादप कोशिकाओं में अन्तर बताइए। समसूत्री और अर्धसूत्री विभाजन में अन्तर बताइए।
12. समसूत्री तथा अर्धसूत्री विभाजन में अन्तर बताइए।
13. निम्नलिखित शब्दों की परिभाषा दीजिए :
    प्रोटोप्लैज़्म (जीव द्रव्य), साइटोप्लैज्म (कोशिका द्रव्य), न्यूक्लिओप्लैज़्म (केंद्रक द्रव्य)।
14. पादप कोशिकाओं में कोशिका द्रव्य विभाजन (साइटोकाइनेसिस) क्रिया कैसे होती है ?
15. काइऐज़्मेटा (काइऐज़्मा) क्या हैं ? इसका महत्त्व बताइए।
16. कोशिका की सूक्ष्मदर्शी संरचना का वर्णन करिए।
17. कोशिका के मुख्य कार्यात्मक क्षेत्र कौन-से हैं ? एक चित्र की सहायता से स्पष्ट करिए।
18. प्रत्येक मुख्य कोशिकांग पर एक टिप्पणी लिखिए।
19. विभिन्न अवस्थाओं द्वारा समसूत्री विभाजन विधि का वर्णन करिए।
20. अर्धसूत्री विभाजन की प्रमुख विशेषताओं को बताइए।

अध्याय

# पादप और जंतु ऊतक
# (Tissues in Plants and Animals)

पिछले अध्याय में आप पढ़ चुके हैं कि एक कोशिका दो में विभाजित होती है। ये कोशिकाएँ फिर विभाजित होती हैं और इस तरह एक कोशिका से बहुत सी कोशिकाएँ बन जाती हैं। यह प्रक्रिया जीव की वृद्धि और विकास के लिए आवश्यक है। कोशिका समूह संगठित होकर शरीर के विभिन्न कार्यों को करते हैं। उदाहरण के लिए, उच्चवर्गीय पौधे, जैसे– नीम, पीपल, बरगद आदि भिन्न प्रकार की कोशिकाओं से मिलकर बने हैं और ये सभी एक कोशिका से विकसित हुए हैं। उसी तरह बहुकोशिकी जंतु, जैसे– मनुष्य, शेर, कॉकरोच, छिपकली आदि भी भिन्न प्रकार की कोशिकाओं से मिलकर बने हैं।

विकास प्रक्रम में कोशिकाएँ विभेदित हो जाती हैं। ये विभेदित कोशिकाएँ अपनी विशेष संरचना के अनुसार विशेष कार्य करती हैं।

**एककोशिक** जीवों में सभी जैव प्रक्रियाएँ एक कोशिका के द्वारा ही की जाती हैं, जबकि बहुकोशिक जीवों में अलग-अलग कोशिकाओं का समूह भिन्न कार्य करते हैं। इसे श्रम-विभाजन कहते हैं।

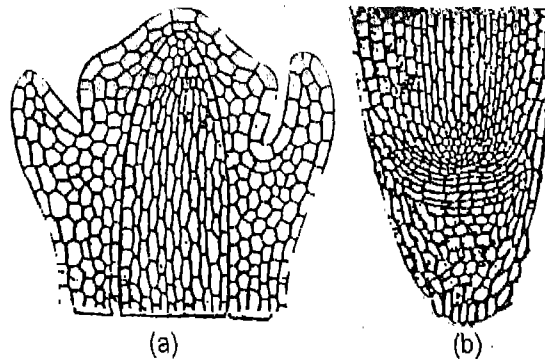
***कोशिकाओं के ऐसे समूह को, जिनकी उत्पत्ति, रचना व कार्य समान हो उसे ऊतक कहते हैं।*** इस पाठ में हम विभिन्न प्रकार के पादप और जंतु ऊतक का अध्ययन करेंगे।

## 14.1 पादप ऊतक

पौधों का शरीर विभिन्न प्रकार के ऊतकों से बना है। इन ऊतकों को मुख्यतः दो भागों में विभाजित किया जाता है।

(a) विभज्योतक तथा (b) स्थायी ऊतक।

### 14.1.1 विभज्योतक

विभज्योतक केवल वृद्धि करने वाले भागों, जैसे प्ररोह की चोटी तथा जड़ की चोटी, और कैंबियम (ऐसा क्षेत्र जो मोटाई में वृद्धि करता है।) में मिलता है। ये कोशिकाएँ निरंतर विभक्त होती रहती हैं और इस प्रकार ये पौधों की लंबाई और मोटाई को बढ़ाने में सहायता करती हैं।

*चित्र 14.1 : विभज्योतक की काट दर्शाता हुआ (a) तने का अग्रस्थ भाग (b) जड़ का अग्रस्थ भाग।*

तने के अग्रस्थ भाग और जड़ के अग्रस्थ भाग के चित्र देखकर विभज्योतक के विशिष्ट लक्षणों का अध्ययन करते हैं (चित्र 14.1)।

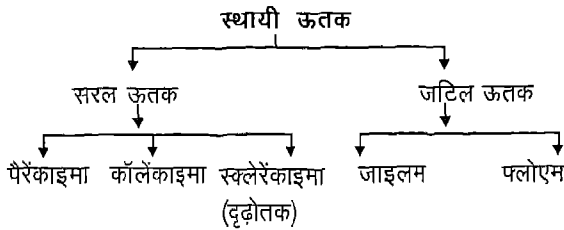
- विभज्योजतक की कोशिकाएँ समान संरचना वाली हैं और इनकी कोशिका भित्ति पतली होती है।
- कोशिकाओं का आकार गोल, अंडाकार या बहुपृष्ठीय होता है।
- ये आपस में सघनता से जुड़ी रहती हैं और इसलिए इनके बीच में अंतर्कोशिकीय स्थान नहीं होता है।
- इन कोशिकाओं में सघन अथवा पर्याप्त कोशिका द्रव्य (साइटोप्लाज्म) और एक बड़ा केंद्रक होता है।
- इनमें अपेक्षाकृत कम रिक्तिकाएँ होती हैं अथवा कोई रिक्तिका नहीं होती।

विभज्योतक का मुख्य कार्य कोशिका विभाजन द्वारा निरंतर नई कोशिकाओं का निर्माण करना है।

### 14.1.2 स्थायी ऊतक

स्थायी ऊतक विभज्योतक से बनते हैं और उनमें विभाजन की क्षमता समाप्त हो जाती है। इनमें शनैः-शनैः विभेदन हो जाता है और स्थायी ऊतक बन जाते हैं। स्थायी ऊतकों का एक निश्चित आकार होता है। ये

कोशिकाएँ जीवित या मृत, पतली भित्ति या मोटी भित्ति वाली हो सकती हैं। कोशिका का आकार अपेक्षाकृत बड़ा होता है और रसधानीयुक्त कोशिका द्रव्य (साइटोप्लाज्म) होता है।

स्थायी ऊतक को पुनः निम्न प्रकार से विभाजित किया जा सकता है।

## सरल ऊतक

सरल ऊतक केवल एक प्रकार की कोशिकाओं का समूह है। पादप काय में पाए जाने वाले सरल ऊतक निम्न हैं।

(i) पैरेंकाइमा
(ii) कॉलेंकाइमा
(iii) स्क्लेरेंकाइमा (दृढ़ोतक)

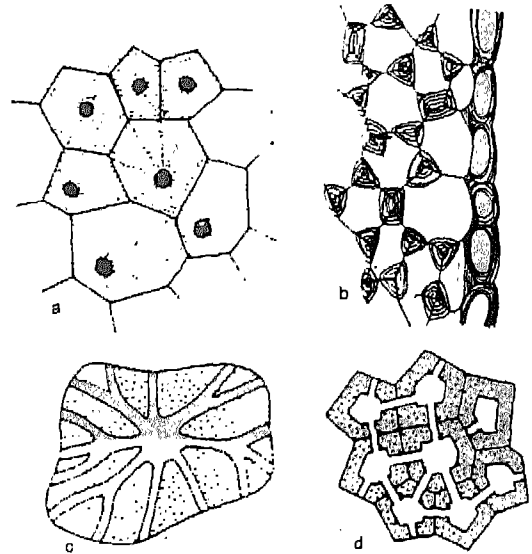
(i) **पैरेंकाइमा (चित्र 14.2 a) :** यह पौधों के विभिन्न भागों,. जैसे जड़, तना, पत्तियों, फल, फूल आदि में प्रमुखता से पाया जाता है। इनका आकार प्रायः समान होता है। ये कोशिकाएँ अंडाकार, गोल, लंबी या बहुपृष्ठीय हो सकती हैं। इनकी भित्ति पतली होती है। कोशिकाओं के मध्य अन्तर्कोशिकीय स्थान हो भी सकता है और नहीं भी हो सकता है। पर कोशिकाएँ प्रायः जीवित होती हैं और इनमें सघन कोशिका द्रव्य होता है। कोशिका के मध्य में एक वृहत रसधानी होती है।

**पैरेंकाइमा ऊतक के प्रमुख कार्य हैं :**

(a) भोजन का संचय और स्वांगीकरण करना।

(b) दृढ़ता प्रदान करना (चूँकि ये कोशिकाओं की स्फीत को बनाए रखते हैं)।

(c) वे रेजिन, टैनिन, गोंद कण, अकार्बनिक व्यर्थ पदार्थों के रेजिन को संचित करते हैं।

(d) भोजन बनाना – पैरेंकाइमा ऊतक में जब क्लोरोफिल उपस्थित होता है तो उसे क्लोरेंकाइमा कहते हैं और ये कोशिकाएँ भोजन बनाती हैं।

*चित्र 14.2 : पौधों में विभिन्न प्रकार के ऊतक (a) पैरेंकाइमा (b) कॉलेंकाइमा (c) स्क्लेरेंकाइमा रेशे की काट (d) स्कलेरीड की काट ।*

(ii) **कॉलेंकाइमा** (चित्र 14.2 b) : पौधों के प्रत्येक भाग में सबसे बाहरी कवच एपीडर्मिस होती है। एपीडर्मिस के ठीक नीचे कॉलेंकाइमा होता है। यह पैरेंकाइमा की तरह जीवित कोशिका से बना ऊतक है। कॉलेंकाइमा की कोशिका भित्ति भी पतली होती है लेकिन कोशिका के कोनों पर सेल्यूलोज और पैक्टिन जमा होने से इस ऊतक में अंतर्कोशिकीय स्थान नहीं होते हैं। कॉलेंकाइमा ऊतक में पाई जाने वाली कोशिकाओं का आकार गोल, अंडाकार तथा बहुपृष्ठीय होता हैं। इनमे प्रायः कुछ क्लोरोप्लास्ट होते हैं।

**कॉलेंकाइमा ऊतक के मुख्य कार्य :**

(a) यह ऊतक पौधों में लचीलापन तथा दृढ़ता प्रदान करता है।

(b) जब कॉलेंकाइमा में हरे वर्णक (क्लोरोप्लास्ट) होते हैं तब ये शर्करा और मंड का निर्माण करते हैं।

**(iii) स्क्लेरेंकाइमा (दृढ़ोतक)** (चित्र 14.2c) : स्क्लेरेंकाइमा ऊतक की कोशिकाएँ प्रायः लंबी व पतली लिग्निनयुक्त होती हैं। ये कोशिकाएँ एक दूसरे से सटी होती हैं और इसी कारण इनके बीच में अंतर्कोशिकीय स्थान नहीं होते हैं। प्रायः ये कोशिकाएँ दोनों सिरों पर नुकीली होती हैं। कोशिका भित्ति के अत्यधिक मोटे होने से कोशिका

नगण्य हो जाती है। दो निकटवर्ती कोशिकाओं के बीच सुस्पष्ट मध्य पट्टलिका होती है। जीव द्रव्य की अनुपस्थिति होने से ये कोशिकाएँ मृत हो जाती हैं। स्क्लेरेंकाइमा कोशिकाएँ पौधों में बहुतायत में होती हैं। इनकी लम्बाई 1 mm से 550 mm तक हो सकती है। अलग-अलग पौधों के विभिन्न भागों में इनकी लंबाई में विविधता होती है। इनका मुख्य कार्य पौधों में दृढ़ता पैदा करना है। कोशिका भित्ति में तिरछे क्षेत्र होते हैं जिन्हें गर्त कहते हैं।

कभी-कभी स्क्लेरेंकाइमा में विशेष प्रकार की कोशिका होती है जिसे स्क्लेरीड (चित्र 14.2d) कहते हैं। पौधे के विभिन्न भाग, जैसे — कार्टेक्स, पिथ, कठोर बीजों में ये उपस्थित होता है जो इन्हें अधिक दृढ़ता प्रदान करती है। इन कोशिकाओं का कोई निश्चित आकार नहीं होता है और ये मृत होती हैं।

उपर्युक्त ऊतक पौधों के विभिन्न भागों में पाए जाते हैं, पादप के बाह्य भागों में ये ऊतक रक्षी ऊतकों में रूपांतरित हो जाते हैं।

### रक्षी ऊतक

ये ऊतक पौधों के भागों जैसे पत्तियों, फूलों, तनों तथा जड़ों की बाह्य परत पर स्थित होते हैं। यह परत एक कोशिका मोटी होती है और मोम जैसे पदार्थ क्यूटिन से ढकी रहती है। ये ऊतक पौधों के भीतरी ऊतकों की रक्षा करते हैं।

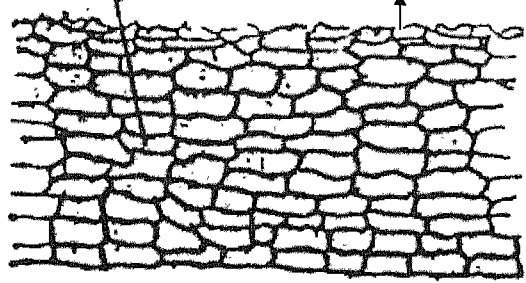
जैसे-जैसे जड़ और तनों की आयु बढ़ती जाती है परिधि पर स्थित एपीडर्मिस के अंदर की कोशिकाएँ कॉर्क कोशिकाओं में रूपांतरित हो जाती हैं। इनकी कोशिका भित्ति सुबेरिन नामक पदार्थ के जमा होने से बहुत मोटी हो जाती है। ये कोशिकाएँ मृत होती हैं और इनमें अंतर्कोशिकीय स्थान नहीं होता है (चित्र 14.3)। कॉर्क कोशिका पौधों से जल की हानि को कम करती है।

कॉर्क का विशेष स्वरूप होने से यह पौधों के लिए उपयोगी होती है। इसके प्रमुख कार्य हैं :

(a) कॉर्क अंदर की कोशिकाओं की रक्षा करती है।

(b) यह बहुत हल्की एवं अत्यधिक संपीड्यनी होती है। इसमें आसानी से आग नहीं लगती।

(c) इसका उपयोग **रोधन, घातरोधन** में करते हैं।

(d) इसका उपयोग लिनोलियम तथा खेल का सामान बनाने में भी किया जाता है।

*चित्र 14.3 : मृत कोशिका दर्शाती कार्क के टुकड़े की अनुप्रस्थ काट।*

रक्षी ऊतक की कोशिकाएँ रक्षा का कार्य करने के लिए विशेष स्वरूपों में परिवर्तित हो जाती हैं। उदाहरण के लिए, प्याज की झिल्ली की कोशिकाओं की भित्तियाँ सुबेरिन जैसे कुछ कार्बनिक पदार्थों के जमा होने से मोटी और जलरोधी हो जाती हैं।

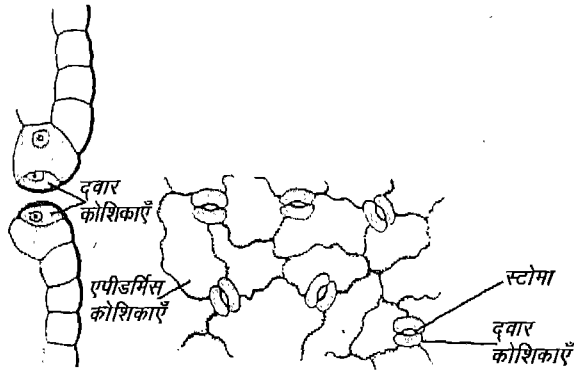
पौधों में बाह्य-त्वचा या एपीडर्मिस की कोशिकाओं में बीच-बीच में छोटे रंध्र होते हैं जिन्हें वातरंध्र या स्टोमेटा कहते हैं। इन्हीं स्टोमेटा के द्वारा पौधे गैसों का आदान-प्रदान और वाष्पोत्सर्जन करते हैं।

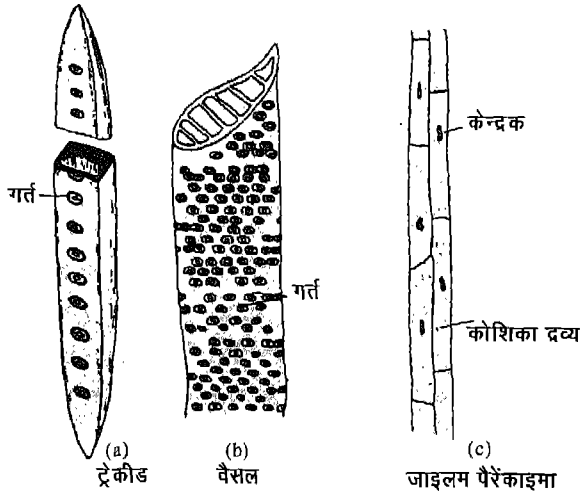
### क्रियाकलाप

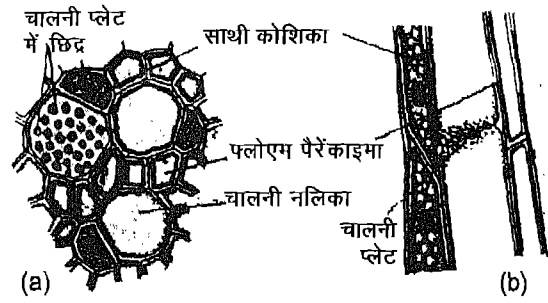
एक पत्ती की निचली सतह से पतली झिल्ली निकालें। अब इसे एक स्लाइड पर रखकर दो बूँद जल डालें। सूक्ष्मदर्शी द्वारा इसका अवलोकन करें। आपको इसमें छोटे-छोटे छिद्र दिखाई देंगे, यही वातरंध्र या स्टोमेटा है। स्टोमेटा को दो द्वार कोशिकाएँ घेरे होती हैं (चित्र 14.4)। इन द्वार कोशिकाओं की अवतल सतह एक दूसरे के विपरीत होती है। द्वार कोशिका के बीच के स्थान को रंध्री-छिद्र कहते हैं।

### 14.1.3 जटिल ऊतक

जटिल ऊतक एक से अधिक प्रकार की कोशिकाओं से मिलकर बने होते हैं और ये सभी एक साथ मिलकर एक इकाई की तरह कार्य करते हैं। जटिल ऊतक जल, खनिज लवण तथा पौधों द्वारा बनाए गए भोजन को पौधों के अन्य भागों में पहुँचाता है। जटिल ऊतक दो प्रकार के होते हैं : (i) जाइलम, तथा (ii) फ्लोएम।

जाइलम तथा फ्लोएम को संवहन ऊतक भी कहते हैं और ये मिलकर संवहन बंडल बनाते हैं।

*चित्र 14.4 : द्वार कोशिकाएँ तथा एपीडर्मिस की कोशिकाएँ।*

(i) **जाइलम :** जाइलम एक संवहन ऊतक है। यह चार प्रकार की कोशिकाओं से मिलकर बना होता है। ये हैं . ट्रैकीड्स, वैसल्स अथवा वाहिका, जाइलम पैरेंकाइमा तथा जाइलम स्क्लेरेंकाइमा। इनमें से वाहिकाएँ सबसे महत्त्वपूर्ण हैं। ये पानी तथा खनिज लवण को जड़ से पौधों के अन्य भागों तक पहुँचाती हैं। जाइलम पौधे को दृढ़ता देता है।

*चित्र 14.5 : जाइलम ऊतक के अवयव।*

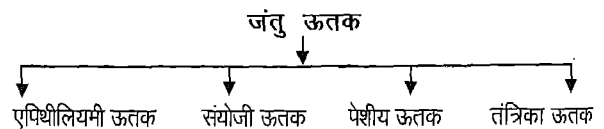
(ii) **फ्लोएम :** यह एक जीवित संवहन ऊतक है। यह चार प्रकार की कोशिकाओं–चालनी नलिका, साथी कोशिका, फ्लोएम पैरेंकाइमा तथा फ्लोएम रेशे से मिलकर बना होता है। इनमें से सबसे प्रमुख चालनी नलिका है। इन चालनी नलिकाओं में छिद्रित भित्ति होती है जो पत्तियों से भोजन को पौधे के विभिन्न भागों तक पहुँचाती है।

*चित्र 14.6 : फ्लोएम (a) अनुप्रस्थ काट (b) लम्बवत काट।*

**प्रश्न**

1.ऊतक किसे कहते हैं ?

2.पौधों में पाए जाने वाले विभिन्न प्रकार के ऊतक के नाम बताइए ?

## 14.2 जंतु ऊतक

मनुष्य सहित सभी उच्च जंतुओं में चार भिन्न प्रकार के ऊतक पाए जाते हैं। ये है – एपिथीलियमी, संयोजी, पेशीय और तंत्रिका ऊतक ।

### 1. एपिथीलियमी ऊतक

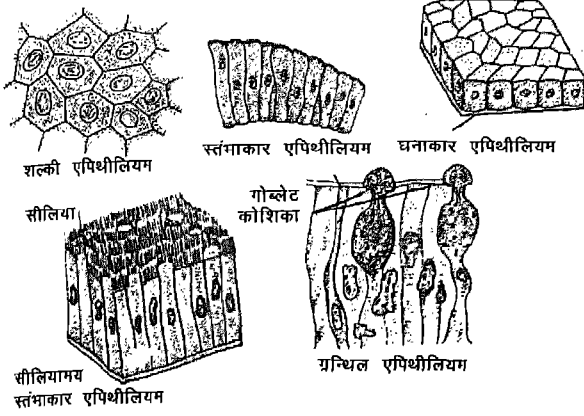
एपीथीलियमी ऊतक एक अस्तर ऊतक है। यह एक रक्षी अस्तर है। यह शरीर के ऊपर तथा शरीर के अंदर स्थित विभिन्न भागों की गुहिका का आवरण बनाता है। त्वचा, मुँह, आहारनाल तथा फेफ़ड़ों की सतह एपिथीलियमी ऊतक से बनी होती हैं। विभिन्न स्थानों पर पाए जाने वाले एपिथीलियमी ऊतक की कोशिकाओं के आकार और रचना में भिन्नता होती है। इन कोशिकाओं की रचना और कार्य में भिन्नता के आधार पर इन्हें विभिन्न वर्गों में विभाजित किया गया है।

(i) शल्की – चपटी कोशिकाएँ

(ii) घनाकार – लंबाई, चौड़ाई व ऊँचाई लगभग बराबर

(iii) स्तंभाकार – ऊँचाई विशेष रूप से अधिक

(iv) सीलियामय – सीलिया उपस्थित

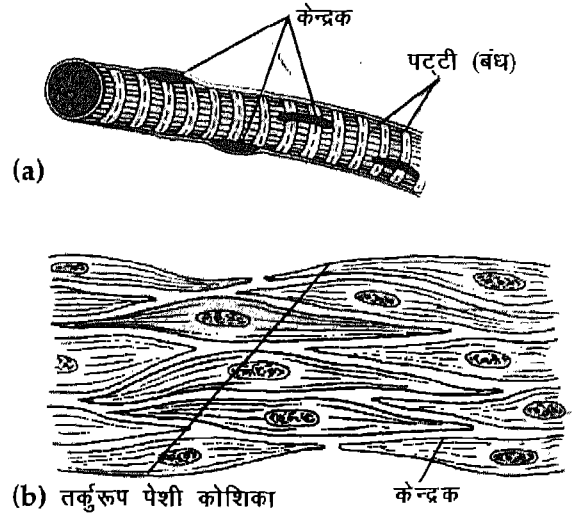
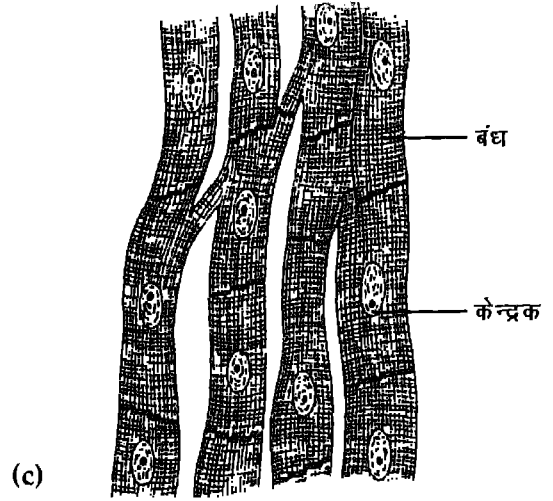
(v) ग्रंथिल – स्रावण कार्य

*चित्र 14.7 : विभिन्न प्रकार के एपिथीलियमी ऊतक।*

## एपिथीलियमी ऊतक के मुख्य कार्य

1. ये कोशिकाएँ त्वचा की बाह्य परत बनाती हैं। ये अंदर की कोशिकाओं की रक्षा करती हैं। एपिथीलियमी कोशिकाएँ आंतरिक कोशिकाओं को सूखने से, चोट से, जीवाणुओं के अतिक्रमण से और रासायनिक पदार्थों के प्रभाव से बचाती हैं।
2. हमारे शरीर के अंगतंत्रों जैसे मुख गुहा, भोजन नली की बाह्य और आंतरिक परत बनाकर ये उन अंगों की रक्षा करती हैं।
3. जल तथा अन्य पोषक पदार्थों के अवशोषण में सहायता करती हैं।
4. व्यर्थ पदार्थों के निष्कासन में सहायता करती हैं।
5. कुछ कोशिकाएँ स्रावण का कार्य करने के लिए विशिष्ट हो जाती हैं।

## 2. पेशीय ऊतक

हमारे शरीर के अंगों में होने वाली गति पेशीय ऊतकों के कारण ही होती हैं। पेशी-कोशिकाओं में उपस्थित संकुचनशील प्रोटीन में संकुचन एवं प्रसार होने से अंगों में गति होती है। हृदय की धड़कन तथा भोजन नली में संकुंचन और प्रसार पेशीय कोशिकाओं के कारण ही होता है। हमारे शरीर में तीन प्रकार के पेशी ऊतक पाए जाते हैं।

(i) रेखित पेशी (कंकाल पेशी या ऐच्छिक पेशी)
(ii) अरेखित पेशी (चिकनी पेशी या अनैच्छिक पेशी)
(iii) हृद पेशी

*चित्र 14.8 : विभिन्न प्रकार के पेशी तंतु (a) रेखित पेशी (b) अरेखित पेशी (c) हृद पेशी।*

### (i) रेखित पेशी या कंकाल पेशी (चित्र 14.8)

कंकाल पेशी हड्डियों के साथ जुड़ी होती हैं और शरीर को गति प्रदान करने में सहायता करती हैं। ये पेशियाँ हमारी इच्छानुसार कार्य करती हैं और इसीलिए इन्हें ऐच्छिक पेशी भी कहा जाता है। इस ऊतक के मुख्य लक्षण हैं :

1. इस ऊतक की कोशिकाएँ लंबी बेलनाकार होती हैं तथा अशाखित रहती हैं।
2. इन पर हल्के और गहरे रंग के बंध होते हैं जो क्रमानुसार (एकांतर) उपस्थित होते हैं। इसीलिए उन्हें रेखित पेशी कहते हैं।

3. इनमें बहुत सारे केंद्रक होते हैं जो पेशी के बाहरी ओर स्थित होते हैं।

(ii) **अरेखित पेशी या चिकनी पेशी** (चित्र 14.8b)

चिकनी पेशी हमारे शरीर के अंदर आमाशय, आँत, मूत्र वाहिनी आदि अंगों की भित्ति में होती है। इस ऊतक के मुख्य लक्षण हैं :

1. कोशिका लंबी और तर्कुरूप (दोनों सिरों पर पतली) होती है।
2. प्रत्येक कोशिका के अंदर मध्य भाग में स्थित केवल एक ही केंद्रक होता है।
3. पेशी तंतु के आर-पार कोई बंध नहीं होते अतः इन्हें अरेखित पेशी कहते हैं।

(iii) **हृद पेशी** (चित्र 14.8c)

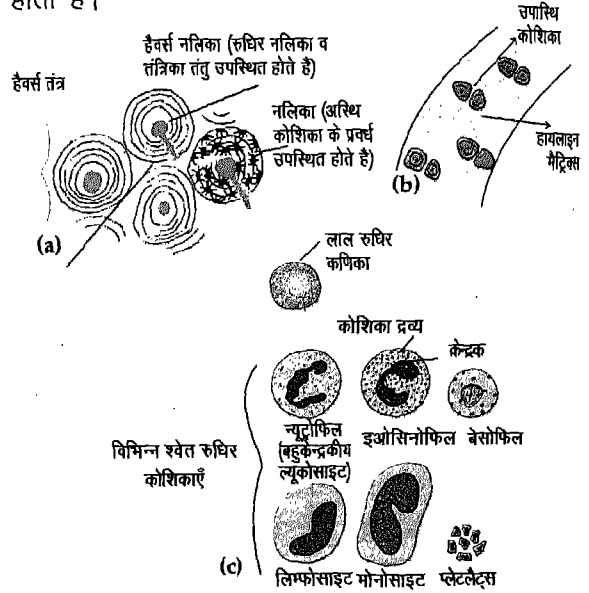
यह पेशी केवल हृदय में ही होती है। इस ऊतक के मुख्य लक्षण हैं :

1. कोशिका तर्कुरूप नहीं होती और उसके आर-पार बंध बहुत हल्के होते हैं।
2. प्रत्येक कोशिका के मध्य में प्रायः एक या कभी-कभी दो केंद्रक होते हैं।
3. कोशिकाएँ बेलनाकार तथा शाखित होती हैं।
4. सामान्य परिस्थितियों मे यह जीवनपर्यन्त हृदय में लयबद्ध संकुचन और प्रसार कराती हैं और इसी से शरीर में रुधिर का परिवहन होता है।

### 3. संयोजी ऊतक

इस ऊतक का कार्य शरीर के विभिन्न अंगों को एक दूसरे से जोड़ना, सहारा देना, तथा बाँधना है। इस ऊतक की कोशिकाएँ मैट्रिक्स (माध्यम) के अंदर उपस्थित होती हैं। कोशिकाओं के बीच के स्थान में भी मैट्रिक्स होता है। यह मैट्रिक्स ठोस हो सकता है जैसे अस्थि एवं उपास्थि, तथा द्रव भी हो सकता है जैसे रुधिर। हमारे शरीर में विभिन्न प्रकार के संयोजी ऊतक पाए जाते हैं। अस्थि, उपास्थि, कंडरा, स्नायु, रुधिर आदि कुछ प्रमुख संयोजी ऊतक हैं।

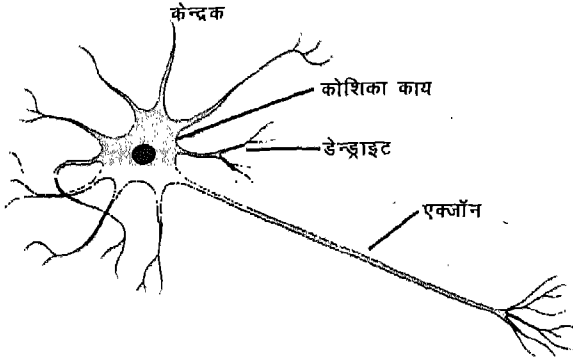
***अस्थि एवं उपास्थि***: हमारे शरीर में कंकाल अस्थि और उपास्थियों से मिलकर बना है। अस्थियाँ बहुत दृढ़ होती हैं। इनमें लचीलापन बिल्कुल नहीं होता है। अस्थि के मैट्रिक्स में प्रचुर मात्रा में कैल्शियम के लवण होते हैं जो इसे दृढ़ता प्रदान करते हैं।

उपास्थि में लचीलापन होता है। हमारी नाक की चोटी और बाह्य कान इसी का बना होता है। वैसे यह ऊतक हमारे शरीर के अंगों में बहुत ही कम होता है। शार्क मछलियों का पूरा कंकाल तंत्र उपास्थि का बना होता है।

*चित्र 14.9 : संयोजी ऊतक के प्रकार (a) संहत अस्थि की अनुप्रस्थ काट (b) हायलाइन उपास्थि (c) रुधिर कोशिकाओं के प्रकार।*

***कंडरा तथा स्नायु*** : यह तंतुओं का एक मोटा-सा जाल है। तंतु प्रकृति में ढीले तथा व्यवहार में बहुत लचीले होते हैं। इन तंतुओं का स्रावण निकटवर्ती संयोजी ऊतक से होता है। कंडरा शक्तिशाली होते हैं और पेशी को अस्थि से जोड़ते हैं। स्नायु नर्म होते हैं और अस्थि को अस्थि से जोड़ते हैं। संयोजी ऊतक का अन्य उदाहरण है एरियोलर ऊतक। यह ऊतक शरीर गुहिका में स्थित अंगों को आपस में जोड़ता है।

***रुधिर*** : रुधिर भी एक संयोजी ऊतक है। यह हमारे शरीर में पाया जाने वाला एक तरल ऊतक है। इस ऊतक की कोशिकाएँ तरल मैट्रिक्स में तैरती रहती हैं। इन कोशिकाओं को रुधिर कणिकाएँ तथा मैट्रिक्स को प्लाविका (रक्त प्लाज्मा) कहते हैं। रुधिर कणिकाएँ भिन्न प्रकार की होती हैं, जैसे– लाल रुधिर कणिका, श्वेत रुधिर कणिका तथा प्लेटलैट्स। रुधिर शरीर के सभी भागों में दौड़ता है इसलिए कह सकते हैं कि यह शरीर के सभी भागों को आपस में जोड़ता है।

#### 4. तंत्रिका ऊतक

मस्तिष्क, मेरुरज्जु तथा तंत्रिकाएँ सभी तंत्रिका ऊतक से बनी होती हैं। तंत्रिका ऊतक की कोशिकाओं को न्यूरॉन कहते हैं। ये कोशिकाएँ विशिष्ट प्रकार की होती हैं और संदेशवाहक का कार्य करती हैं। एक न्यूरॉन से संदेश दूसरे न्यूरॉन तक पहुँचता है, वहाँ से लक्ष्य तक पहुँचने के लिए एक, दो या बहुत से न्यूरॉन की मदद लेता है। न्यूरॉन के प्रमुख भाग हैं :

*चित्र 14.10 : एक तंत्रिका कोशिका या न्यूरॉन।*

(i) कोशिका काय जिसमें एक केंद्रक तथा कोशिका द्रव्य होता है।

(ii) न्यूरान के कोशिका काय से निकले हुए पतले तंतु जो एक या अधिक होते हैं, डेंड्राइट कहलाते हैं। डेंड्राइट तंत्रिका कोशिका (न्यूरॉन) से निकलते हैं।

(iii) कोशिका काय से प्रारंभ होकर एक बहुत पतला एवं लम्बा तंत्रिका तंतु निकलता है। यह एक न्यूरॉन से दूसरे न्यूरॉन तक संदेशवाहक का कार्य करता है जिसे एक्जॉन कहते हैं।

**प्रश्न**

1. जंतुओं में पाए जाने वाले विभिन्न ऊतकों की सूची बनाइए।
2. रेखित तथा अरेखित पेशी में अंतर स्पष्ट कीजिए।

## आपने क्या सीखा

- समान उद्भव, रचना और कार्य करने वाली कोशिकाओं के समूह को ऊतक कहते हैं।
- पादप ऊतक मुख्य रूप से तीन प्रकार के होते हैं।
- विभज्योतक जीवित कोशिकाओं के बने होते हैं और बार-बार विभाजित होते रहते हैं।
- स्थायी ऊतक वे होते हैं जो अपनी विभाजन की क्षमता खो चुके हैं।
- स्थायी ऊतक सरल और जटिल, दोनों प्रकार के होते हैं।
- जंतु ऊतक भिन्न प्रकार के होते हैं – एपिथीलियमी, संयोजी, पेशीय तथा तंत्रिका ऊतक।
- एपिथीलियमी ऊतक अपनी रचना और कार्य के अनुसार कई प्रकार के होते हैं।
- पेशीय ऊतक तीन प्रकार के होते हैं–रेखित, अरेखित तथा हृद।
- हमारे शरीर में विभिन्न प्रकार के संयोजी ऊतक पाए जाते हैं, जैसे– अस्थि, उपास्थि, कंडरा, स्नायु, रुधिर इत्यादि।
- मस्तिष्क, मेरुरज्जु तथा तंत्रिकाएँ सभी तंत्रिका ऊतक के बने होते हैं। तंत्रिका ऊतक की इकाई न्यूरॉन है। न्यूरॉन संदेशवाहक का कार्य करते हैं।

●●●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. ऊतक को परिभाषित करिए।
2. पौधों में विभज्योतक कहाँ-कहाँ होता है ?
3. सरल स्थायी ऊतक के विभिन्न प्रकार बताइए और प्रत्येक का कार्य लिखिए।
4. पैरेंकाइमा तथा कॉलेंकाइमा में अंतर स्पष्ट कीजिए।
5. स्क्लेरेंकाइमा तथा कॉलेंकाइमा में अंतर स्पष्ट करिए।

6. फ्लोएम के विभिन्न अवयवों को सूचीबद्ध कीजिए।
7. जाइलम में पाए जाने वाले विभिन्न अवयवों के नाम लिखिए।
8. फ्लोएम की पौधे के लिए उपयोगिता बताइए।
9. जाइलम का कार्य लिखिए।
10. जंतुओं में पाए जाने वाले विभिन्न ऊतकों के नाम लिखिए।
11. रेखित और अरेखित पेशी तंतु में दो अंतर लिखिए।
12. अस्थि और उपास्थि में दो अंतर लिखिए।
13. कंडरा और स्नायु में एक अंतर लिखिए।
14. न्यूरॉन का स्वच्छ और नामांकित चित्र बनाइए।
15. अस्थि, उपास्थि, कंडरा तथा स्नायु का एक-एक कार्य लिखिए।
16. हृद पेशी का कोई विशिष्ट कार्य लिखिए।
17. कॉर्क की दो उपयोगिता लिखिए।
18. एपिथीलियमी ऊतक के कोई चार कार्य लिखिए।
19. न्यूरॉन में केंद्रक कहाँ उपस्थित होता है ?

# जीव जगत में विविधता
# (Diversity in the Living World)

## जीवों का वर्गीकरण : एक सामान्य विचार

आप जानते हैं कि इस जीवित संसार का प्रत्येक जीव, चाहे वह एक प्राणी, एक पौधा या एक जीवाणु है, अपने आप में अनोखा है। प्रत्येक जीव का यह अनोखापन ही वास्तव में जीव-रूपों की विविधता है। जैव विविधता इस जीवित संसार का सबसे दिलचस्प पहलू है। आप हर रोज अपने आस-पास, अपने मोहल्ले में, कई प्रकार के प्राणी व पौधे देखते हैं। अगर आप किसी दूसरी जगह पर जाते हैं, जैसे कि पहाड़ों, जंगलों या समुद्र तट आदि पर, आप किसी अन्य प्रकार के प्राणी (प्राणिजात) व पौधे (वनस्पतिजात) पाते हैं। इस दुनिया के विभिन्न भागों में भिन्न-भिन्न स्थान पर अलग-अलग प्रकार के जीव रहते हैं। इसका अर्थ है कि विविधता की मात्रा असीम है। हम सामान्य व आसानी से प्राप्य प्राणी और पौधों में से अधिकतर को पहले से ही जानते हैं, परंतु जंगलों, पर्वतों, मरुस्थल आदि के अगम्य क्षेत्रों के प्राणिजात व वनस्पतिजात (जीवजात) अभी काफी सीमा तक खोजे नहीं गए हैं।

आज हम जो विविधता देख रहे हैं यह वास्तव में पिछले 350 करोड़ वर्षों के जीव विकास (organic evolution) का परिणाम है। इसी लंबी अवधि में बहुत सारी और जातियाँ अस्तित्व में आईं एवं बहुत-सी लुप्त होती चली गईं। लुप्त हुई जातियों का अनुमान आज की कुल विद्यमान जातियों से कम से कम पचास गुना अधिक लगाया जाता है। इतनी संख्या में प्रत्येक जीव को अलग-अलग व्यक्तिगत स्तर पर विचारार्थ लेना बिल्कुल असंभव है। अतः विविधता के प्रभावी अध्ययन के लिए विभिन्न प्रकार के जीवों को एक क्रमबद्ध तरीके से व्यवस्थित करना आवश्यक है। इसके लिए पहली जरूरत जीवों के विभिन्न स्वरूपों को जातियों (species) के रूप में पहचान करना, तत्पश्चात् उनमें **समानता** एवं **असमानता** के आधार पर जातियों को क्रमानुसार उच्च श्रेणियों (जैसे जीनस फैमली (कुल), ऑर्डर, क्लास व फाइलम) के अंतर्गत जाति-समूहों में क्रमबद्ध करना है। अतः **जीवों का वर्गीकरण इनमें समानता, विभिन्नता तथा इनके आपसी संबंधों के आधार पर समूहों या वर्गों में क्रमबद्ध करना है।** जीवित संसार को समझने के लिए, हमें प्रत्येक जीव के बारे में सब कुछ जानने की आवश्यकता नहीं है। हम प्रत्येक वर्ग से केवल कुछ प्रतिनिधियों का अध्ययन करके, उस वर्ग के अन्य सभी सदस्यों के प्रति भी एक सामान्य जानकारी पा सकते हैं।

## 15.1 वर्गीकरण का महत्त्व

वर्गीकरण के विज्ञान को **वर्गिकी** कहते हैं। यह विज्ञान की एक महत्त्वपूर्ण शाखा है क्योंकि : (i) वर्गीकरण जीवों की व्यापक विविधता के अध्ययन को सरल बनाता है। (ii) वर्गीकरण से एक झलक में सभी जीवों की एक तस्वीर हमारे सामने आ जाती है। (iii) यह भिन्न जीवों के मध्य आपसी संबंधों को समझने के लिए भी आवश्यक है। (iv) दूसरे जैविक-विज्ञानों के विकास के लिए भी यह एक आधार का काम करता है। उदाहरणस्वरूप, जीव भूगोल विज्ञान, अर्थात् पौधों व प्राणियों का भौगोलिक वितरण, पूरी तरह से वर्गीकरण से उपलब्ध सूचनाओं पर आश्रित है। इसी प्रकार परिस्थिति विज्ञान व व्यावहारिक विज्ञान में उन्नति, जीवों की ठीक पहचान और उनके वर्गीकरण के बिना संभव नहीं है। (v) अनुप्रयुक्त जीव विज्ञान के विभिन्न क्षेत्र (जैसे कृषि, जन स्वास्थ्य व पर्यावरण) भी कृषिनाशक जीव, रोगवाहक, रोगजनक और पारितंत्र घटक पारिस्थितिक के अध्ययन हेतु जीवों की सही पहचान और वर्गीकरण पर बहुत अधिक निर्भर करते हैं। इस प्रकार वर्गीकरण जीव विज्ञान के अन्य विषयों में से अधिकतर के ज्ञान विकास में काफी सीमा तक योगदान करता है।

## 15.2 नामपद्धति

एक जीव का दूसरों से भेद करने के लिए नामों का होना आवश्यक है। जैसा कि आप जानते हैं कि जीव विज्ञान में हम बहुत सारी जातियों और जीनस व उच्च श्रेणियों के अन्तर्गत जाति समूहों पर विचार करते हैं। जब तक इनमें से प्रत्येक का अपना एक अलग नाम नहीं

होता, इनके बारे में चर्चा करना संभव नहीं है। वास्तव में, पौधों और प्राणियों को नाम देना मानव सभ्यता के साथ ही शुरू हो गया था। आरम्भ में जो स्थानीय नाम दिए गए, इन्होंने क्षेत्रीय स्तर पर अपना उद्देश्य भलीभाँति निभाया। उदाहरणस्वरूप कुत्ते को हिन्दी में 'कुत्ता', बंगाली में 'कुकुर' मराठी में 'कुत्र' और तमिल में 'नाई' कहते हैं। इन नामों को अन्य जगहों में कोई नहीं समझता। इसलिए सारे विश्व में अनुसरण किए जाने के लिए, केवल एक वैज्ञानिक नाम का होना आवश्यक है।

नामपद्धति पौधों व प्राणियों को नाम देने की एक प्रणाली है। प्रत्येक जीव का नाम दो घटकों से बना होता है– पहला जीनस (वंश या वर्ग) संबंधी और दूसरा जातीय नाम। उदाहरणस्वरूप, मानव जाति का वैज्ञानिक नाम *होमो सेपिएन्स* है, सारे संसार में होमो सेपिएन्स का अर्थ मनुष्य ही समझा जाएगा। नाम में दो अंग होने के कारण इस प्रकार के नामकरण को द्विपद नामपद्धति कहा जाता है। वैज्ञानिक नाम अनन्य (unique), विश्व भर में समझा और अनुसरण किया जाने वाला और बार-बार न बदले जाने वाला (stable) होता है। ये नामपद्धति के अन्तर्राष्ट्रीय कोड में दी गई नियमावली से संचालित होते हैं। द्विपद नामपद्धति को कैरोलस लिनीयस ने सुझाया था और उनको वर्गिकी का जन्मदाता समझा जाता है।

**क्रियाकलाप**

अपने स्कूल के मैदान या घर के आस-पास पक्षी अवलोकन के लिए एक शान्त स्थान चुनें। कुछ सामान्य पक्षी (जैसे कौवा, चिड़िया, तोता, चील, फुदकी, आदि) आप अपने आप पहचान सकते हैं। हर सप्ताह प्रत्येक की संख्या (बाहुल्य) नोट करें और इनकी साप्ताहिक बहुलता का एक चार्ट तैयार करें। साथ ही ध्यान दें कि क्या इसी स्थान पर कुछ नए (कम सामान्य) पक्षी भी आते हैं। उनकी उपस्थिति नोट करें और अपने अध्यापक या माता-पिता की सहायता से उनको पहचानने की कोशिश करें। उनकी उपस्थिति और बहुलता का तिथि अनुसार रिकार्ड रखें। अगर संभव हो तो सभी पक्षियों की तस्वीरें, फोटो या चित्र पत्रिकाओं, कलैण्डरों, चार्टों आदि से उपलब्ध करें और इनको एक स्क्रैप बुक में चिपकाएँ।

**प्रश्न**

1. वर्गीकरण की परिभाषा दीजिए।
2. वर्गीकरण का क्या महत्त्व है
3. द्विपद नामपद्धति किसने प्रस्तावित की ?
4. मनुष्य का वैज्ञानिक नाम क्या है ?

## 15.3 पौधों व प्राणियों का वर्गीकरण

पौधों और प्राणियों में अन्तर बिल्कुल स्पष्ट है। पौधे स्थावर ( अचल), अपना भोजन स्वयं तैयार करने (सौर ऊर्जा से) व निरन्तर बढ़ने वाले हैं। जबकि प्राणी जंगम (चल) भोजन खाने वाले (दूसरे पौधे व प्राणियों को) और एक निश्चित आकार प्राप्ति के बाद देहवृद्धि रोकने वाले हैं। पादप कोशिकाएँ कोशिका भित्ति से घिरी होती हैं और इनमें अपना भोजन तैयार करने के लिए क्लोरोफिल होते हैं। प्राणी कोशिकाओं में न तो कोशिका भित्ति होती है और न ही क्लोरोफिल। ये अपनी भोजन संबंधी जरूरतों के लिए दूसरों पर निर्भर हैं। इन आधारभूत अन्तरों के कारण पौधे और प्राणी दो समूहों में बाँटे गए हैं : वनस्पति जगत और प्राणी जगत। यह प्रणाली पहली बार कैरोलस लिनीयस ने 1758 में प्रस्तावित की थी।

समय बीतने के साथ यह स्पष्ट होने लगा कि कुछ जीव न तो पूर्ण रूप से प्राणी जगत में और न ही वनस्पति जगत में वर्गीकृत किए जा सकते हैं। इसलिए एक जर्मन प्राणी वैज्ञानिक ई.एच.हैकल (1866) ने एक कोशिकीय जीवों के लिए एक तीसरा श्रेणी जगत–प्रोटिस्टा बनाया। जब प्रोटिस्टा जीवों में भी महत्त्वपूर्ण असमानताएँ सामने आईं, रॉबर्ट व्हिटेकर (1969) ने चौथा श्रेणी जगत मोनेरा, बैक्टीरिया (असीमकेन्द्रकी) के लिए और पाँचवाँ फंजाई, फफूँदी (जो क्लोरोफिलरहित और अपना भोजन अवशोषण द्वारा प्राप्त करते हैं) के लिए प्रस्तावित किए।

ऊपरलिखित से अब आपको यह स्पष्ट हो जाना चाहिए कि जीवों के वर्गीकरण की प्रक्रिया लगभग निरन्तर चलती रहती है। जैसे-जैसे जीवों के बारे में अधिक तथ्य सामने आते जाते हैं, वर्गीकरण में और अधिक सुधार होता रहता है। इस अध्याय में हम केवल द्विजगत प्रणाली, अर्थात वनस्पति और प्राणी जगत, के बारे में ही

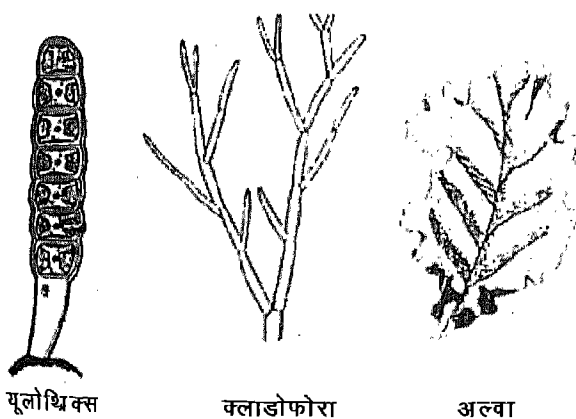
बात करेंगे। पंच-जगत वर्गीकरण के बारे में आप उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

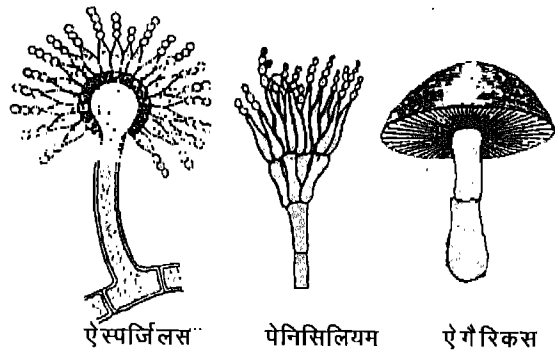
### 15.3.1 वनस्पति जगत (किंगडम प्लैंटी)

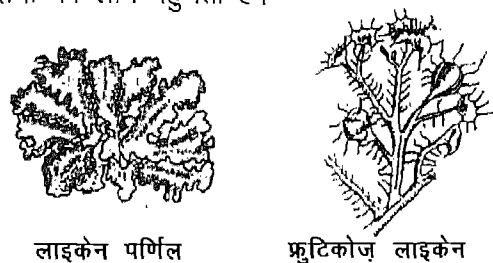
आइशलर (1883) के सुझावानुसार, वनस्पति जगत को दो उपजगतों – क्रिप्टोगेमी व फैनेरोगेमी, में प्रविभाजित किया गया है।

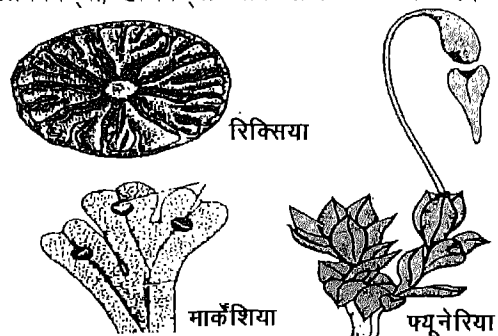
क्रिप्टोगेमी (Cryptogamae) उपजगत : अंग्रेजी भाषा में क्रिप्टो का अर्थ है – छिपा हुआ और गैमस का अर्थ है – विवाह। इनको निरन्तर पौधे, या फूलरहित व बीजरहित पौधे भी कहते हैं। इनमें बाहरी फूल या बीज नहीं होते, और इसलिए माना जाता है कि इनमें गुप्त (छिपे हुए) जननांग होते हैं। ये आगे तीन डिवीजनों में बाँटे जाते हैं।

(i) **थैलोफाइटा** (Thallophyta) **डिवीजन** : पादप शरीर तना, जड़ व पत्तियों में विभाजित नहीं होता, अपितु एक समरूप थैलस के रूप में है। इसमें कोई संवहन तंत्र नहीं होता। जननांग एक कोशिका से बने हैं और निषेचन के बाद कोई भ्रूण नहीं बनाते। इस डिवीज़न में पौधों के तीन स्पष्ट समूह सम्मिलित हैं : शैवाल, कवक, लाइकेन।

**काई (शैवाल - Algae)** : स्वपोषी होते हैं, अर्थात यह अपना भोजन हरे क्लोरोफिल रंजक की सहायता से स्वयं तैयार करते हैं। कुछ काइयों में दूसरे रंग (लाल, पीला, नीला आदि) के रंजक भी होते हैं और इस कारण भिन्न श्रेणियों में वर्गीकृत किया जाता है। साइनोबैक्टीरिया (नील-हरित शैवाल) भी इसी समूह में आते हैं।

*चित्र 15.1 : थैलोफाइटा–शैवाल।*

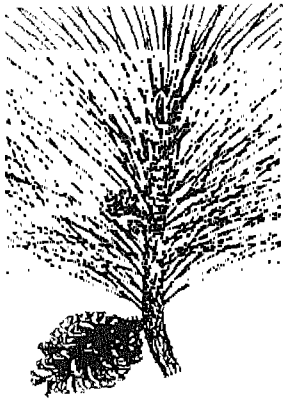
**कवक** (फफूँद-Fungi) : इसमें हरे रंजक न होने के कारण ये परपोषी हैं। ये अपना भोजन या तो कार्बनिक पदार्थों से (मृतजीवी) या अन्य जीवों से (परजीवी) प्राप्त करते हैं। बैक्टीरिया भी इस समूह में सम्मिलित हैं।

*चित्र 15.2 : थैलोफाइटा–फफूँद।*

**लाइकेन** (Lichens) : इसमें पादप देह दो जीवों, एक काई व एक फफूंदी से बनती है। इस सहजीवी संबंध से दोनों को लाभ पहुँचता है।

*चित्र 15.3 : थैलोफाइटा–लाइकेन।*

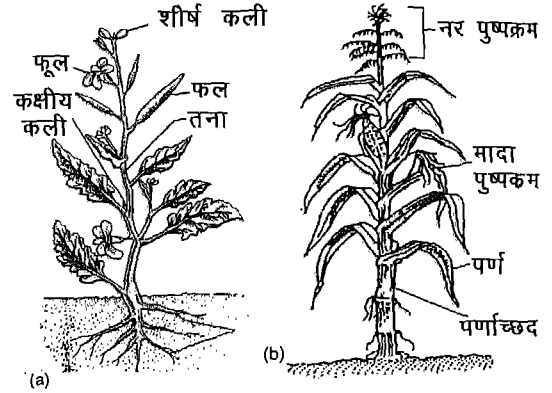
**(ii) ब्रायोफाइटा डिवीज़न** : ये सबसे साधारण जमीनी पौधे हैं। पादप देह चपटी है और असली पत्तियों व जड़ों से रहित है। संवहन तंत्र अनुपस्थित है। जननांग बहुकोशिक हैं। निषेचन के पश्चात एक भ्रूण बनता है। इसमें लीवरवर्ट्स, हॉर्नवर्ट्स और मॉस सम्मिलित हैं।

*चित्र 15.4 : कुछ साधारण ब्रायोफाइट।*

**(iii) टेरिडोफाइटा** (Pteridophyta) **डिवीज़न** : पादप देह तना, पत्तियों व जड़ों से बनी है। संवहन तन्त्र विद्यमान है। जननांग बहुकोशिक हैं। निषेचन के बाद भ्रूण बनता है। इसमें सभी प्रकार के फर्न सम्मिलित हैं।

*चित्र 15.5 : टेरिडोफाइटा – फर्न।*

**फैनेरोगेमी** (Phanerogamae) **उपजगत** : ये बीजदार पौधे होते हैं। देह में असली तना, पत्तियाँ व जड़ पहचाने जा सकते हैं। संवहन तन्त्र (जाइलम एवं फ्लोएम) अच्छी तरह विकसित है। जननांग बहुकोशिक हैं। निषेचन के पश्चात भ्रूण बनता है। उसमें केवल एक डिवीज़न स्पर्मेटोफाइटा होता है जिसके लक्षण ऊपर दिए गए उपजगत के समान ही हैं। इसे फल के होने या न होने के आधार पर दो सबडिवीज़नों में विभाजित किया जाता है।

*चित्र 15.6 : पाइनस – एक जिम्नोस्पर्म।*

**(a) *जिम्नोस्पर्मी*** (Gymnospermae) **सबडिवीज़न** : बीज फलों के अन्दर बन्द नहीं होते हैं। उदाहरण : पाइनस, साइकस, सीड्रस आदि।

**(b) *ऐन्जियोस्पर्मी सबडिवीज़न*** : बीज फलों के अन्दर बन्द होते हैं। बीजपत्रों की संख्या के आधार पर ऐन्जियोस्पर्मज़ को दो वर्गों में श्रेणीबद्ध किया जाता है: एकबीजपत्री (monocotyledons) (गेहूँ, चावल आदि) और द्विबीजपत्री (dicotyledons) (चना, मटर आदि)।

*चित्र 15.7 : (a) एक द्विबीजपत्री पौधा (सरसों)*
*(b) एक एकबीजपत्री पौधा (मक्का)।*

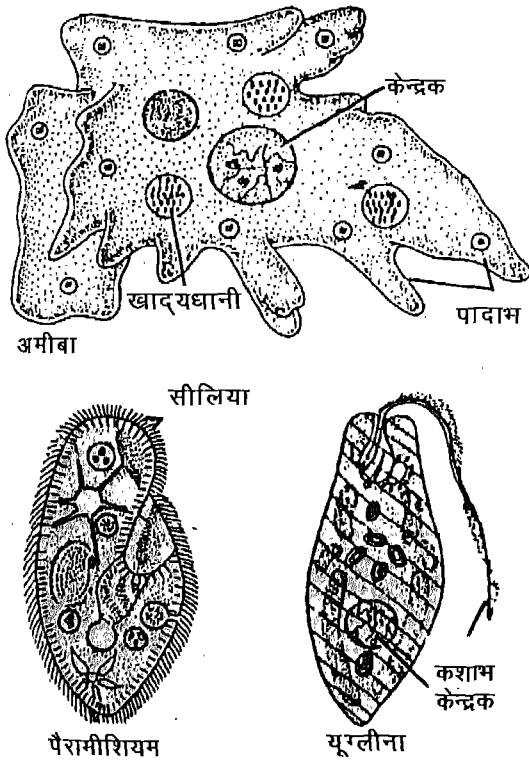
> **प्रश्न**
> 1. वनस्पति जगत के दो उपजगतों के नाम बताइए।
> 2. काई क्रिप्टोगेमी के किस डिवीज़न से संबंध रखती है ?
> 3. फैनेरोगेम क्या है ?
> 4. जिम्नोस्पर्म और ऐन्जियोस्पर्म में अन्तर का कारण बताइए।

### 15.3.2 प्राणि जगत (किंगडम ऐनिमेलिया)

मुख्यतया इनके कोशिका संगठन, सममिति और नोटोकॉर्ड व देह-गुहा के होने या न होने के आधार पर प्राणियों को कई फाइलम में बाँटा गया है। इनको विकास क्रम के आधार पर साधारण एककोशिक प्रोटोज़ोआ से लेकर बहुत जटिल बहुकोशिक प्राणियों तक उत्तरोत्तर क्रमबद्ध किया हुआ है। प्राणियों में इस क्रमिक जटिलता का विकास आप अधिक विस्तार से उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे। यहाँ प्रत्येक फाइलम के केवल कुछ विशेष गुण ही दिए गए हैं।

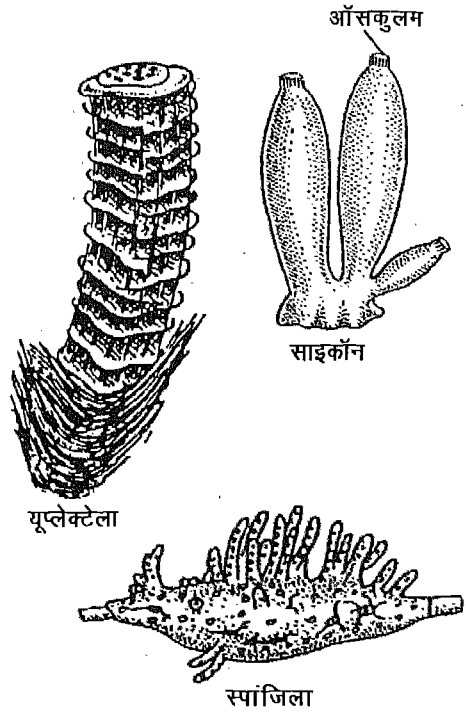
## प्रोटोज़ोआ फाइलम (प्रारम्भिक जीव)

- ये एककोशिक, अधिकतर जलचर (अलवण व लवण जल), मुक्तजीवी या परजीवी जीव हैं।
- चलन (locomotion) अंगुलीकार पादभ (pseudopodia), कशाभ (flagella) या सीलिया (cilia) से होता है।
- पोषण अधिकतर विषमपोषित है।
- जनन (reproduction) द्वि–या बहुखंडन और संयुग्मन (conjugation) के द्वारा होता है।

उदाहरणः *अमीबा, यूग्लीना, पैरामीशियम, प्लैज़्मोडियम।*

*चित्र 15.8 : प्रोटोजोआ।*

## पोरिफेरा फाइलम (छिद्रधर जीव या स्पंज)

- ये अधिकतर समुद्री (लवण जल) और थोड़े ताजा पानी (अलवण जल) में रहने वाले हैं।
- ये सबसे सरल बहुकोशिक जीव हैं। कोशिकाएँ विरलतः जुड़ी होती हैं एवं ऊतक नहीं बनातीं।
- देह आकृति कलश या थैलीनुमा, गोलाकार या शाखित होती है।
- सभी स्थानबद्ध होते हैं।
- देह में सभी जगह छिद्र (ostia) हैं और शिखर पर एक बड़ा मुख ऑसकुलम (osculum) होता है।
- जल संचारण के लिए इनमें एक नाल तन्त्र होता है जो दूसरे प्राणियों में नहीं होता। जल के द्वारा इन्हें भोजन और ऑक्सीजन मिलती है।
- कंकाल चूनेदार अथवा सिलिकामय कन्टिका (spicules), या स्पंजिन तन्तुओं से बना होता है।
- जनन दोनों अलैंगिक, मुकुलन (budding) या मुकुलक (gemule) द्वारा और लैंगिक, निषेचन द्वारा सम्भव है।

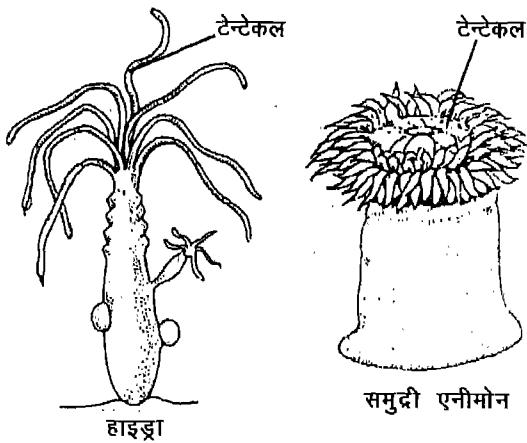
उदाहरण : *साइकॉन, यूप्लेक्टेला, स्पांजिला।*

*चित्र 15.9 : पोरीफेरा।*

## सीलेंट्रेटा या नाइडेरिया फाइलम (गुहांत्र जीव)

- इसमें जलचर (लवण व अलवण जल), एकल या संघजीवी जीव सम्मिलित हैं।
- सममिति अरीय है।
- टेंटेकल और देह पर विशेष दंशन कोशिकाएँ (दंशकोरक) (Cnidoblast) होती हैं।
- इस समूह में जीव दो प्रकार के व्यष्टियों या जीवकों **पॉलिप** व मेडूसा में होता है। पॉलिप एकल या

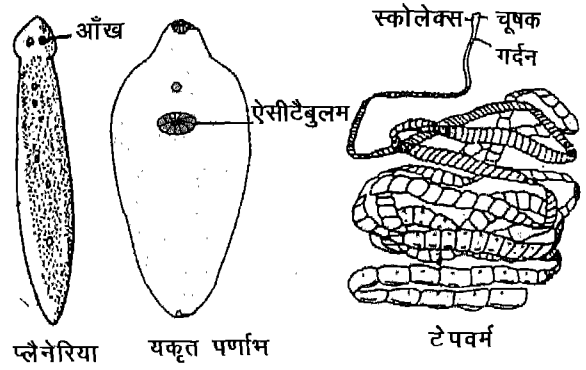
संघजीवी होता है, और हमेशा स्थानबद्ध है जबकि मेडूसा मुक्त प्लावी (तैराकी) है।

- संघजीवियों में पॉलिप व मेडूसा जीवन चक्र में बारी-बारी से आते हैं (इसको पीढ़ी–एकान्तरण भी कहते हैं)।
- देह मध्य में एक जठरवाही गुहा या सीलेंटरोन होती है।
- जनन प्रायः पॉलिप में अलैंगिक और मेडूसा में लैंगिक होता है।
- नाइडेरिया बहुत-सी किस्में चूने का एक सख्त बहिःकंकाल बनाते हैं कोरल हैं।

उदाहरणः *हाइड्रा, ओबीलिया, ऑरीलिया, मैट्रीडियम* (समुद्री एनीमोन)।

*चित्र 15.10 : नाइडेरिया।*

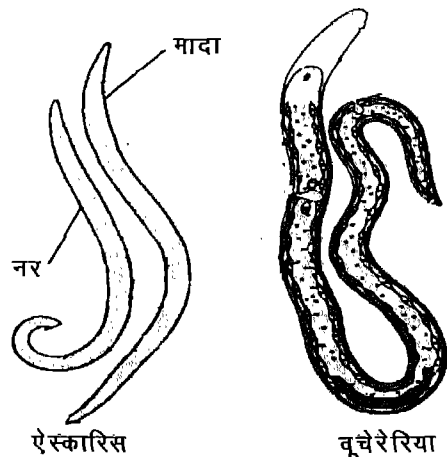
## प्लैटीहेल्मिन्थीज़ फाइलम (चपटे कृमि)

- ये अधिकतर परजीवी हैं और मेजबान में चूषक की सहायता से जुड़े होते हैं। कुछ मुक्तजीवी हैं।
- इनकी देह पृष्ठधारीय चपटी और पत्ते या रिबॅननुमा है।
- सममिति द्विपार्श्विक (bilateral) है।
- ये सबसे पहले त्रिकोरकी है, (अर्थात उनका ऊतक विभेदन तीन भ्रूणीय जनन स्तरों से हुआ है) लेकिन देहगुहा के बिना।
- ये अधिकतर उभयलिंगी (hermaphrodite) हैं अर्थात नर व मादा जननांग एक ही जीव में हैं।

उदाहरणः *डुजिसिया* (प्लैनेरिया), *फैसिओला* (यकृत पर्णाभ), *शिस्टोसोमा* (रुधिर पर्णाभ), *टीनिया सोलियम* (टेपवर्म)।

*चित्र 15.11 : प्लैटीहेल्मिन्थीज़।*

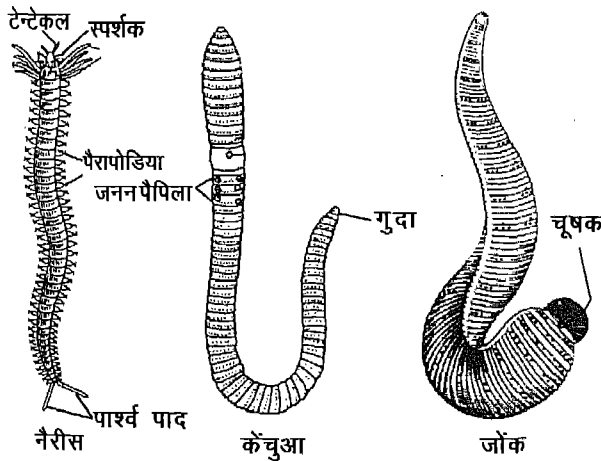
## ऐस्केलमिन्थीज़ फाइलम (गोल कृमि)

- ये परजीवी या मुक्तजीवी हैं।
- देह आकार सूक्ष्म से लेकर कई सेंटीमीटर तक लम्बा हो सकता है।
- ये त्रिकोरकी, अखंड और द्विपार्श्विक सममिति के हैं।
- देह गुहा असली नहीं है। इसे कूट गुहा (pseudocoel) कहते हैं।
- पाचन नली पूर्ण है।
- नर व मादा लिंग पृथक होते हैं।

उदाहरणः *ऐस्कारिस, ऐंटेरोबियस, वुचेरेरिया।*

*चित्र 15.12 : सूत्रकृमि (ऐस्केलमिन्थीज़)।*

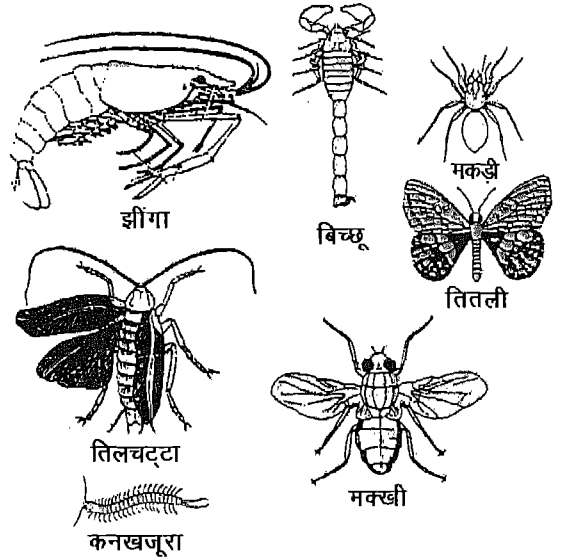
## ऐनेलिडा फाइलम (सखंड कृमि)

- ये गीली मिट्टी, अलवण व लवण जल में पाए जाते हैं।
- ये लम्बे और सखंड देह वाले हैं। इनकी सममिति द्विपार्श्विक है।
- असली देह गुहा वाले प्रथम प्राणी हैं।
- *कुछ अग्र* देहखंड केन्द्रित होकर सिर बनाते हैं।
- चलन के लिए देह पर काइटिनी सीटी या पैरापोडियम के रूप में पार्श्व उपांग होते हैं।
- जनन लैंगिक साधनों से है। नर व मादा जनन अंग अलग या इकट्ठे (उभयलिंगी) हो सकते हैं।

उदाहरण : *नैरीस* (बालूकृमि), *एफ्रोडाइट* (समुद्री चूहा), *फेरेटिमा* (केंचुआ), *हिरूडिनेरिया* (पशु जोंक)।

*चित्र 15.13 : ऐनेलिडा।*

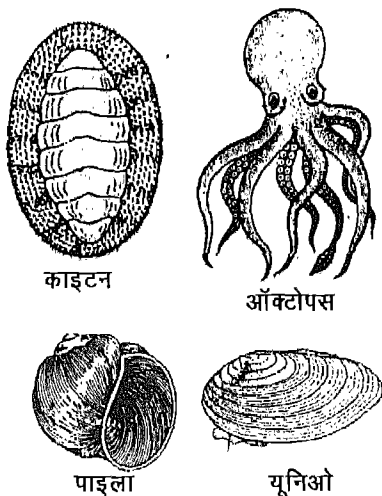
## आर्थ्रोपोडा फाइलम (संधित उपांग वाले जीव)

- ये जमीन पर, मिट्टी में, अलवण व लवण जल में, सभी जगह पाए जाते हैं। ये दूसरे प्राणी व पौधों पर परजीवी भी होते हैं।
- इनके पैर सखंड हैं।
- देह सखंड है, और सारे खंड दो भागों – शिरोवक्ष (सिर तथा वक्ष) व उदर या तीन भागों–सिर, वक्ष व उदर, में समूहित है।
- देह का अग्रभाग मस्तिष्क व संवेदी अंगों के लिए एक पृथक सिर बनाता है।
- बहिःकंकाल काईटिनी व सखंड है।
- देहगुहा कम हो गई है और रक्त से भरी है (रक्तगुहा) (Haemocoel)।
- श्वसन (respiration) गिल, श्वास नली, पुस्त फुप्फुस आदि से होता है।
- नर व मादा अलग-अलग हैं।

उदाहरण : *स्कोलोपेंड्रा* (कनखजूरा), *पैलीमोन* (झींगा), *पैरीप्लेनेटा* (तिलचट्टा), मस्का (मक्खी), *ऐनिफिलीज* (मच्छर), *ऐपिस* (मधुमक्खी), *पैलेम्नियस* (बिच्छू), *ऐरेनिया* (मकड़ी)।

*चित्र 15.14 : आर्थ्रोपोडा।*

## मोलस्का फाइलम (नरम देह वाले कवची जीव)

- इनमें जलचर जीव आते हैं।
- आकार सूक्ष्म से लेकर भीमकाय जीवों (जैसे ऑक्टोपस 50 फुट तक) तक है।
- ये नरम, अखंड व उपांगरहित हैं।
- शरीर तीन भागों में विभाजित है– सिर, पृष्ठ अन्तरंग पुंज (dorsal visceral mass) और आधार पाद (ventral foot)।
- बाहरी त्वचा एक सख्त, चूनेदार कवच से ढकी है।
- श्वसन गिल (क्लोम) या कंकत्क्लोम (ctenidia) द्वारा है।
- नर व मादा प्रायः अलग-अलग हैं।

उदाहरण : *काइटन, पाइला* (घोंघा), *यूनिओ* (अलवणक जलीय शंबु), *ऑक्टोपस।*

*चित्र 15.15 : मोलस्का।*

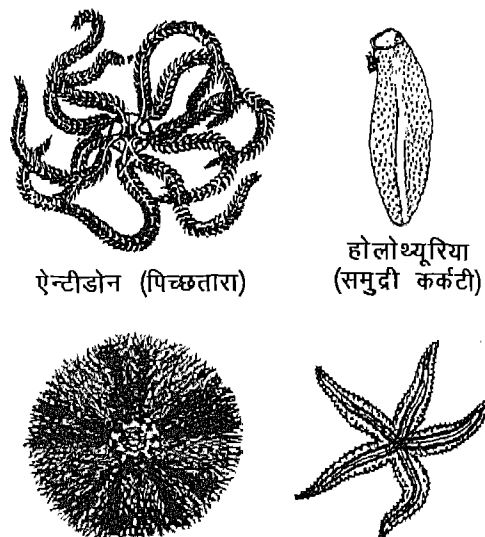
### एकाईनोडर्मेटा फाइलम (कँटीले त्वचीय जीव)

- ये सामूहिक और मुक्तजीवी समुद्री जीव हैं।
- आकृति तारावत, गोलाकार या लम्बी हो सकती है।
- देह सतह चूनेदार काँटों से आच्छादित है।
- इनकी सममिति पंचभागी व अरीय है। इनके लार्वा में द्विपार्श्विक सममिति है।
- ये अखंड है।
- देहगुहा जलसंवहनी तन्त्र में परिवर्तित है, जिसके बाहर निकले हुए नाल-पद (tubefeet) चलन के लिए उपयोग होते हैं।
- नर व मादा पृथक-पृथक होते हैं।

  उदाहरण : *ऐस्टीरिऐस* (स्टारफिश), *इकाइनस* (समुद्री अर्चिन), *होलोथ्यूरिया* (समुद्र ककर्टी), *ऐंटीडोन* (पिच्छ तारा)।

### हेमीकॉर्डेटा फाइलम

- इसमें कृमिनुमा अखंड जीव आते हैं। ये पूर्ण रूप से समुद्री हैं। इनमें अकशेरुकी व कशेरुकी दोनों के गुण सम्मिलित हैं।
- देह, शुंड (proboscis) कॉलर व धड़ में विभाजित है।
- सममिति द्विपार्श्विक है।
- श्वसन गिल स्लिट (क्लोम छिद्र) द्वारा है।
- नर व मादा अधिकतर पृथक हैं।

  उदाहरण : *बैलैनाग्लोसस, सेफैलोडिस्कस।*

*चित्र 15.16 : एकाईनोडर्मेटा।*

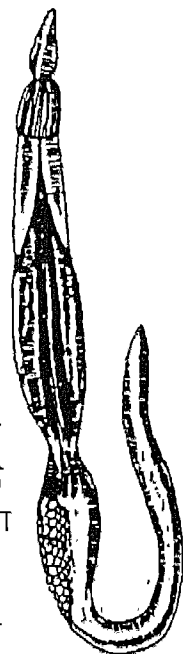
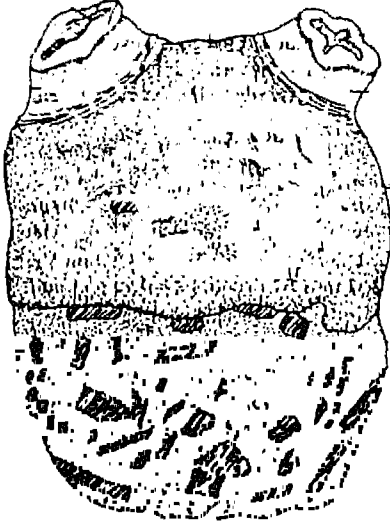
### कॉर्डेटा (Chordata) फाइलम

प्राणि जगत का यह सबसे अधिक विकसित समूह है। इस समूह के मुख्य विशेष लक्षण (1) नोटोकॉर्ड जीवन की किसी अवस्था में, (2) खोखली तन्त्रिका रज्जु, (nerve cord) (3) क्लोम छिद्र (gill slits) जीवन की किसी अवस्था में व (4) गुदा द्वार के बाद पूँछ (कुछ में लुप्त) का होना है।

*चित्र 15.17 : हेमीकॉर्डेटा*

कॉर्डेटा तीन सबफाइलम में विभाजित हैं: यूरोकॉर्डेटा, सेफैलोकॉर्डेटा और वर्टिब्रेटा (कशेरुकी)। पहले दो सबफाइलम इकट्ठे निम्नकॉर्डेट या प्रोटोकॉर्डेट भी कहलाते हैं।

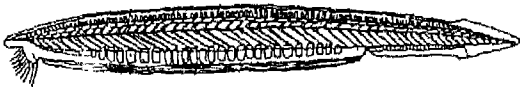
**यूरोकॉर्डेटा सबफाइलम:** इसमें केवल समुद्री जीव आते हैं।

- ये अखंड हैं और इनके वयस्कों में प्रायः पूँछ नहीं होती।

- शरीर एक कंचुक से ढका होता है।
- नोटोकार्ड पूँछ में केवल लार्वा रूप में (larva form) होती है।
- खोखली तन्त्रिका रज्जु भी केवल लार्वा अवस्था में होती है।
- फैरिंक्स में कई क्लोम छिद्र हैं।
- उदाहरण: *हर्डमेनिया, डोलिओलम, पाइरोसोमा* ।

हर्डमेनिया

*चित्र 15.18 : यूरोकॉर्डेटा।*

**सेफैलोकॉर्डेटा सबफाइलम**

- ये बिना सिर की मछली की तरह हैं।
- इसमें कॉर्डेटा के सभी गुण विद्यमान हैं, अर्थात पूरी लम्बाई में फैला हुआ एक नोटोकॉर्ड, एक तन्त्रिका रज्जु (बिना स्पष्ट मस्तिष्क के), एक परिकोष्ठ में खुलते हुए कई क्लोम छिद्र और पूरे जीवन भर रहने वाली गुदाद्वार के बाद एक पूँछ।

उदाहरण: *ब्रैंकिओस्टोमा* (ऐम्फिऑक्सस)।

ब्रैंकिओस्टोमा

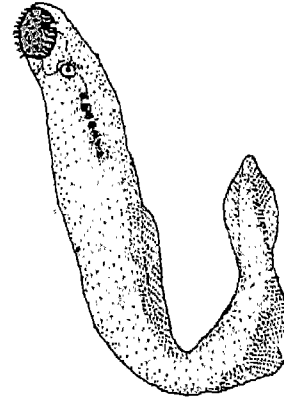
*चित्र 15.19 : सेफैलोकॉर्ड्रेटा।*

**वर्टिब्रेटा** (Vertebrata) **सबफाइलम** : अधिकतर कॉर्डेट इसमें आते है।

- सिर पूरी तरह से विकसित होता है।
- तन्त्रिका तन्त्र और मस्तिष्क अधिक विकसित होता है।
- अन्त:कंकाल पूर्ण विकसित होता है।
- नोटोकॉर्ड के स्थान पर एक मेरुदंड होता है। इनमें प्रायः दो जोड़े पाद होते हैं।
- जलचर में श्वसन क्लोम (गिल) द्वारा है और स्थलीय में फेफड़ों द्वारा।
- नर व मादा पृथक-पृथक होते हैं।
- यह सात वर्गों में विभाजित हैं :

**(i)** ***साइक्लोस्टोमैटा वर्ग***

- ये सबसे प्राचीन वर्टिब्रेट हैं।
- इनमें जबड़े नहीं होते हैं।
- मुख चूषक है और ये बाह्य परजीवी के रूप में किसी दूसरी मछली पर मुख द्वारा चिपके होते हैं।
- नासाद्वार केवल एक है।
- नोटोकॉर्ड बेलनदार दंड की तरह होता है।
- श्वसन कोष्ठ में अवस्थित कलोम द्वारा होता है।
- हृदय दो-कक्षीय होता है।
- जनन ग्रन्थि एक होती है और निषेचन बाह्य है।

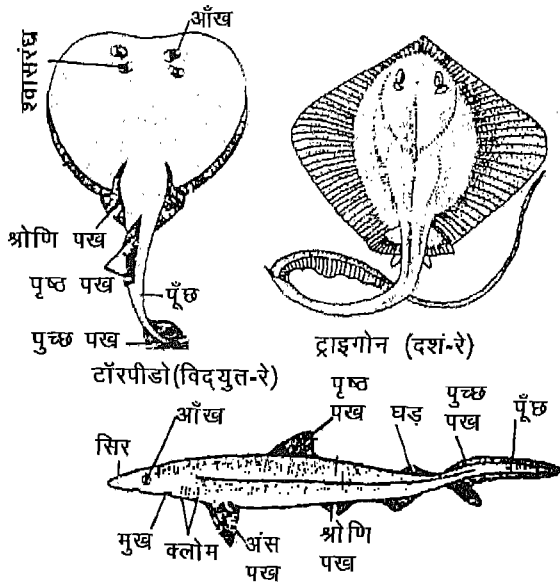
उदाहरण: *पेट्रोमाइज़ॉन* (लैम्परे)।

पेट्रोमाइजॉन

*चित्र 15.20 : साइक्लोस्टोमैटा।*

**(ii)** ***कान्ड्रिक्थीज़ वर्ग*** **(उपास्थिमय मीन)**

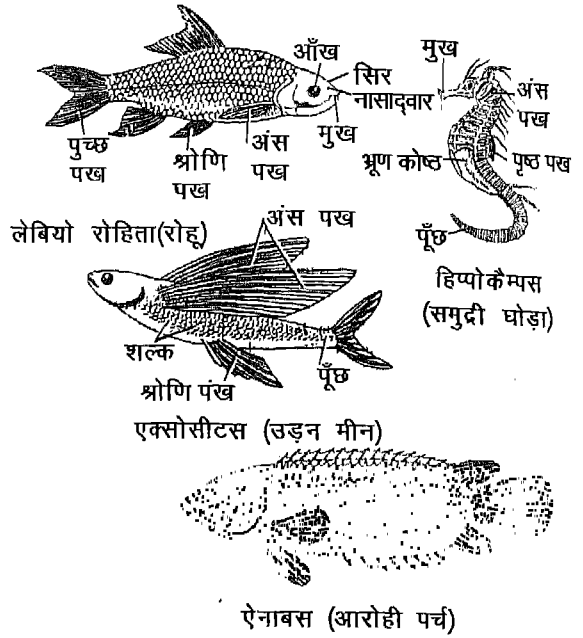
- ये अधिकतर समुद्री, और आकार में बड़ी (10-20 मीटर तक लम्बी) होती हैं।
- देह या तो पार्श्वीय संपीडित (दबी हुई) और तर्कुनुमा है, या पृष्ठाधारीय चपटी है और डिस्कनुमा है।

- त्वचा पट्टाभ (placoid) शल्क से ढकी होती है।
- मुख अधरीय होता है।
- कंकाल पूर्णतया उपास्थिमय है।
- श्वसन क्लोम द्वारा होता है।
- हृदय दो-कक्षीय होता है।

उदाहरणः *स्कोलिओडॉन* (इण्डियन शार्क), *टॉरपीडो* (विद्युत-रे), *ट्राइगोन* (दंश-रे)।

*चित्र 15.21 : कान्ड्रिक्थीज़ (उपास्थिमय मीन)।*

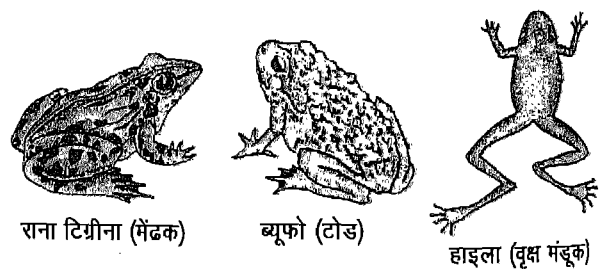
**(iii) *आस्टिक्थीज़ वर्ग* (अस्थिल मीन)** : ये लवण व अलवण जल में होती हैं। आकार 10 mm से लेकर 4 मीटर तक हो सकता है।

- देह साधारणतया तर्कुनुमा है और चक्राभ (cycloid) व कंकतभ (ctenoid) शल्कों से ढकी होती है।
- मुख अग्रस्थ होता है।
- कंकाल आंशिक या पूर्णतया अस्थिल होता है।
- श्वसन तंतुमय क्लोम द्वारा होता है।
- हृदय दो-कक्षीय है।

उदाहरण : *लेबियो* (कार्प), *ऐक्सोसीटस* (उड़न मीन), *हिपोकैम्पस* (समुद्री घोड़ा), *ऐनाबस* (आरोही पर्च), *प्रोटोप्टेरस* (फुप्फुस मीन)।

*चित्र 15.22 : आस्टिक्थीज़ (अस्थिल मीन)।*

**(iv) *ऐम्फिबिया वर्ग* (जल-स्थल चर जीव)** : ये अलवण जल और नम स्थानों में होते हैं।

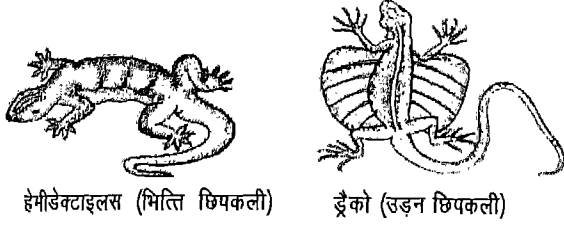
- देह-आकृति में विविधता है और शल्करहित हैं।
- इनमें अधिकतर दो जोड़ी पंचांगुलि पाद होते हैं।
- श्वसन क्लोम, फेफड़ों या त्वचा द्वारा होता है।
- हृदय तीन-कक्षीय है।

उदाहरण : *राना* (मेंढक), *ब्यूफो* (टोड), *हाइला* (वृक्ष मंडूक), *नेक्ट्यूरस* ।

*चित्र 15.23 : ऐम्फिबिया।*

**(v) *रेप्टीलिया वर्ग* (रेंगने वाले वर्टिब्रेट)** : ये अधिकतर स्थलीय हैं, और ऊष्ण क्षेत्रों में होते हैं।

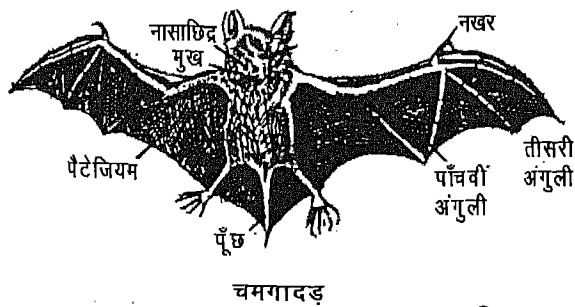
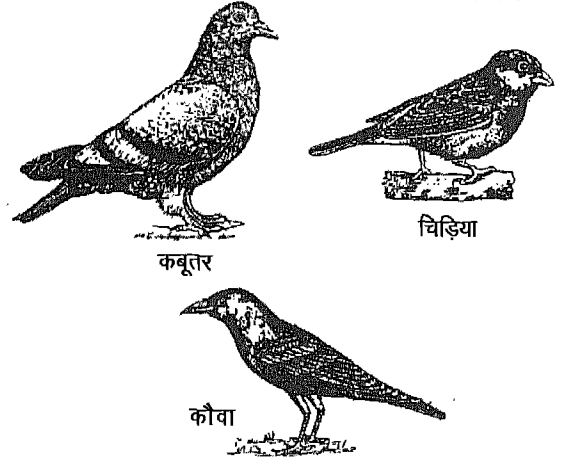
- देह-आकृति में विविधता है और त्वचा शल्कों से ढकी होती है।

- इनमें दो जोड़ी पंचांगुलि पाद होते हैं, जो साँपों व कुछ छिपकलियों में नहीं होते।
- श्वसन केवल फेफड़ों द्वारा ही होता है।
- हृदय प्रायः तीनः-कक्षीय है (कुछ में चार-कक्षीय है, जैसे मगरमच्छ में)।

  उदाहरण : *हेमीडेक्टाइलस* (भित्ति छिपकली), *कैमिलिआन* (गिरगिट), *ड्रैको* (उड़न छिपकली)।

*चित्र 15.24 : रेप्टीलिया।*

**(vi) *एवीज़ पक्षी वर्ग*** : ये सारे संसार में पाए जाते हैं। आकार लघुतम गुंजन पक्षी से लेकर वृहतम शुतुरमुर्ग तक है।

- अग्रपाद पंखों में परिवर्तित हैं।
- देह परों से ढकी होती है।
- कंकाल हल्का है।
- मुख के ऊपर चोंच पाई जाती है जो भिन्न कार्यों के लिए भिन्न-भिन्न पक्षियों में रूपांतरित होता है।
- श्वसन केवल फेफड़ों द्वारा होता है।
- हृदय चार-कक्षीय है।

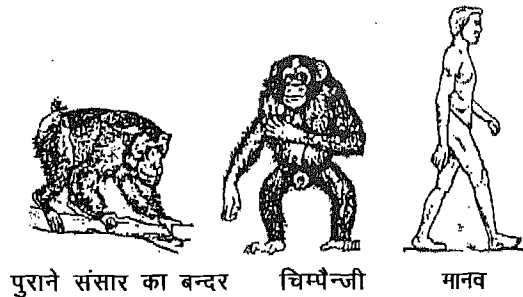
  उदाहरण : *कोलम्बा* (कबूतर), *पैवो* (मोर), *पैसर* (चिड़िया), *स्ट्रुथियो* (शुतुरमुर्ग)।

*चित्र 15.25 : एवीज़ (पक्षी)।*

**(vii) *मैमेलिया वर्ग* (स्तनी वर्ग)**

- मुख्यतः ये स्थलीय हैं और विभिन्न प्रकार के वास स्थानों में रहते हैं।
- देह विविध आकृतियों वाली है और बालों से ढकी है।
- इनके दो जोड़ी पंचांगुलि पाद विभिन्न कार्यों के लिए रूपांतरित हैं।
- श्वसन केवल फेफड़ों द्वारा होता है।
- हृदय चार-कक्षीय है।

  उदाहरण : *मैक्रोपस* (कंगारू), *रैट्स* (चूहा), *बैलीनोप्टेरा* (ह्वेल), *पैन्थेरा* (शेर, बाघ), *एलिफैस* (हाथी), *मैकाका* (बन्दर), *पैन* (चिम्पैन्ज़ी), *होमो* (मानव) चमगादड़।

**प्रश्न**

1. स्पंज किस फाइलम से संबंध रखते हैं ?
2. प्राणी जगत का सबसे बड़ा फाइलम कौन-सा है ?
3. फाइलम कॉर्डेटा के तीन विशेष लक्षण बताइए।
4. प्राणियों के कोई दो विशेषतासूचक लक्षण बताइए।

*चित्र 15.26 : मैमेलिया।*

## आपने क्या सीखा

- वर्गीकरण हमें विशाल जीव विविधता को समझने योग्य बनाता है।
- वर्गीकरण का मुख्य उद्देश्य समानताओं और संबंधों के आधार पर पहले विभिन्न रूपों को एक जाति में और फिर जातियों को उच्च श्रेणियों में समूहित करना है।
- वर्गीकरण जीव विज्ञान की दूसरी शाखाओं, अनुप्रयुक्त और सैद्धांतिक जीव विज्ञान सहित, के विकास में सहायता करता है।
- द्विपद नाम-पद्धति दो शब्दों, पहला वंश या वर्ग (जीनस) संबंधी और दूसरा जाति संबंधी से बनी है।
- सभी जीव, पौधों और प्राणियों में मूल अन्तरों के आधार पर, दो जगतों– पादप जगत व जन्तु जगत, में विभाजित किए गए हैं।
- पौधे स्थावर (अचल) हैं, अपना भोजन स्वयं तैयार करते हैं (या इसे सोखते हैं), और निरन्तर बढ़ते रहते हैं। प्राणी जंगम (चल) हैं, भोजन को खाते हैं और बड़े होने के बाद बढ़ना रोक देते हैं।
- इनके संगठन स्तर के आधार पर प्रत्येक जगत को आगे डिवीज़नों (पादप) या फाइलमों (प्राणी) में विभाजित किया गया है।
- पौधे थैलोफाइटा (शैवाल, कवक, लाइकेन), ब्रायोफाइटा (मॉस), टेरिडोफाइटा (फर्न) और स्पर्मेटोफाइटा (जिम्नोस्पर्म व एन्जियोस्पर्म) में विभाजित हैं।
- प्राणी 11 फाइलम में विभाजित है, यथा प्रोटोज़ोआ, पोरिफेरा, नाइडेरिया, प्लैटीहेल्मिन्थीज़, ऐस्केलमिन्थीज़, ऐनेलिडा, आर्थ्रोपोडा, मोलस्का, एकाईनोडर्मेटा, हेमीकॉर्डेटा और कॉर्डेटा।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. जीवों को वर्गीकृत करना क्यों आवश्यक है ? अपने शब्दों में बताइए।
2. वर्गीकरण क्या है ? इसका महत्त्व बताइए।
3. जीवों के स्थानीय नाम क्यों पर्याप्त नहीं हैं ? वैज्ञानिक नामों के क्या लाभ हैं ?
4. द्विपद नामपद्धति क्या है ? एक उदाहरण की सहायता से स्पष्ट करिए।
5. वर्गीकरण की द्वि-जगतीय प्रणाली की प्रमुख विशेषताएँ क्या हैं ? बैक्टीरिया और कवक (फंजाई) को पौधों के साथ क्यों वर्गीकृत किया गया है ?
6. पौधों और प्राणियों में भेद करने वाली विशेषताओं का वर्णन करिए।
7. आइशलर द्वारा प्रस्तावित वनस्पति वर्गीकरण की रूपरेखा दीजिए।
8. प्रत्येक की एक या दो विशेषताओं व उदाहरण सहित, प्राणियों के मुख्य फाइलम के नाम दीजिए।
9. हेमीकॉर्डेटा, यूरोकॉर्डेटा व सेफैलोकॉर्डेटा के उदाहरण दीजिए।
10. कॉर्डेटा की चार मुख्य विशेषताएँ क्या हैं ?
11. इनके बीच एक अन्तर बताइए :
    (a) उपास्थिमय और अस्थिल मीन।
    (b) द्विपार्श्विक और अरीय सममिति।
    (c) नोटोकॉर्ड और तन्त्रिका रज्जु।

अध्याय

# भोजन, पोषण एवं स्वास्थ्य
# (Food, Nutrition and Health)

प्रत्येक जीव को जीवित रहने के लिए भोजन की आवश्यकता होती है। यह उसकी जैव प्रक्रियाओं के भलीभाँति संचालित रखने, वृद्धि एवं विकास के लिए आवश्यक है। प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, खनिज एवं विटामिन भोजन के प्रमुख अवयव हैं तथा प्रत्येक अवयव का शरीर में विशिष्ट कार्य है। इन अवयवों की उचित मात्रा में आवश्यकता होती है। आहार संबंधी उचित आदतों से अच्छे स्वास्थ्य एवं अच्छा मानसिक विकास होता है। इस अध्याय में कुपोषण, खाद्य पदार्थों में मिलावट तथा पेय जल की गुणवत्ता एवं उनके प्रभावों के विषय में भी चर्चा की गई है।

## 16.1 स्वास्थ्य एवं इसका महत्त्व

विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) के अनुसार "स्वस्थ व्यक्ति की शारीरिक, मानसिक एवं सामाजिक जीवन क्षमता की पूर्ण रूपेण समन्वयित स्थिति है तथा यह केवल रोग अथवा विकलांगता मुक्त होना नहीं है।"

## 16.2 सामुदायिक एवं व्यक्तिगत स्वास्थ्य

सामुदायिक स्वास्थ्य के अन्तर्गत "मानव समाज के वह सभी पहलू जिसमें व्यक्तिगत स्वास्थ्य के साथ-साथ पर्यावरण संबंधी सेवाएँ आती हैं तथा यह पूरे समुदाय के स्वास्थ्य के लिए महत्त्वपूर्ण है।"

**कुछ प्रमुख स्वास्थ्य सेवाएँ निम्नलिखित हैं:**

1. स्वास्थ्य संरक्षण सेवाओं की स्थापना, उदाहरणतः प्राथमिक स्वास्थ्य केन्द्र, मण्डलीय चिकित्सालय, सामुदायिक स्वास्थ्य केन्द्र, आयुर्विज्ञान विद्यालय, क्षेत्रीय चिकित्सालय तथा अखिल भारतीय संस्थान।
2. सुरक्षित पेय जल एवं कूड़े-कर्कट (घरेलू अवशिष्ट) के विसर्जन की उचित व्यवस्था।
3. हानिकारक कीटों के प्रजनन-स्थलों का नियंत्रण।
4. केन्द्रीय एवं राज्य प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड द्वारा विभिन्न प्रकार की प्रदूषण नियंत्रण व्यवस्था का प्रबंधन।
5. रोग निरोधक टीकाकरण द्वारा क्षयरोग, डिपथीरिया, कुकर खाँसी, टिटेनस, खसरा तथा हिपेटाइटिस (पीलिया) इत्यादि रोगों का नियंत्रण।
6. परिवार कल्याण सेवाओं की व्यवस्था।
7. विद्यालय जाने वाले विद्यार्थियों के स्वास्थ्य कल्याण कार्यक्रम की व्यवस्था।
8. खाद्य पदार्थों में मिलावट की रोकथाम।
9. स्वास्थ्य शिक्षा।

## 16.3 अच्छे स्वास्थ्य के लिए आवश्यक परिस्थितियाँ

अच्छे स्वास्थ्य को बनाए रखने के लिए कुछ परिस्थियों का परिपूर्ण होना आवश्यक है। कुछ महत्त्वपूर्ण परिस्थितियाँ हैं : 1. पोषण, 2. उचित आदतें, 3. व्यायाम एवं विश्राम।

### 16.3.1 पोषण

जीव को वृद्धि, विकास एवं अनुरक्षण (Maintenance) एवं सभी जैव प्रक्रमों को सुचारु रूप से चलाने के लिए आवश्यक सभी पदार्थों (पोषकों) के अधिग्रहण को पोषण कहते हैं।

हम अपना आहार विभिन्न पौधों एवं प्राणियों से प्राप्त करते हैं। अपने आपको स्वस्थ रखने एवं स्फूर्ति के लिए हमें भोजन की आवश्यकता होती है। इससे हमारी दैनिक ऊर्जा की आवश्यकता की पूर्ति होती है। सोते समय भी हमें ऊर्जा की आवश्यकता होती है। ऊर्जा की आवश्यकता लिंग, आयु एवं व्यवसाय पर निर्भर करती है। बढ़ते बच्चे, गर्भवती महिला एवं दूध पिलाने वाली माताओं को अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है (सारणी 16.1)।

### 16.3.2 उचित आदतें

अच्छे स्वास्थ्य का एक अन्य महत्त्वपूर्ण पहलू है आहार संबंधी उचित आदतों का निर्वाह करना जैसे कि निर्धारित समय पर संतुलित आहार लेना। व्यक्तिगत एवं घरेलू स्वच्छता अत्यंत आवश्यक है। निम्नलिखित पहलुओं का पूरा ध्यान रखें।

**सारणी 16.1 : ऊर्जा की आवश्यकता आयु, शारीरिक भार एवं व्यवसाय के अनुसार बदलती है।**
*भारतीय आयुर्विज्ञान अनुसंधान परिषद (ICMR) द्वारा संस्तुत आहार संबंधी आवश्यकताएँ।*

| वर्ग | विवरण | शारीरिक भार किग्रा. | निवल ऊर्जा Kcal/d | प्रोटीन g/d | वसा g/d | कैल्सियम mg/d | लौह mg/d |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| पुरुष | आसीन | | 2425 | | | | |
| | मध्यम श्रम | 60 | 2875 | 60 | 20 | 400 | 28 |
| | कठोर श्रम | | 3800 | | | | |
| स्त्री | आसीन | | 1875 | | | | |
| | मध्यम श्रम | 50 | 2225 | 50 | 20 | 400 | 30 |
| | कठोर श्रम | | 2925 | | | | |
| | गर्भवती | | +300 | +15 | 30 | 1,000 | 38 |
| | दूध पिलाने वाली | | | | | | |
| | 0–6 माह | 50 | +550 | +25 | | | |
| | 6–12 माह | | +400 | +18 | 45 | 1,000 | 30 |
| शिशु | 0–6 माह | 5.4 | 108/ किग्रा | 2.05/ किग्रा | | 500 | |
| | 6–12 माह | 8.6 | 98/ किग्रा | 1.65/ किग्रा | | | |
| बच्चे | 1–3 वर्ष | 12.2 | 1240 | 22 | | | 12 |
| | 4–6 वर्ष | 19.0 | 1690 | 30 | 25 | 400 | 18 |
| | 7–9 वर्ष | 26.9 | 1950 | 41 | | | 26 |
| लड़का | 10–12 वर्ष | 35.4 | 2190 | 54 | | | 34 |
| लड़की | 10–12 वर्ष | 31.5 | 1970 | 57 | 22 | 600 | 19 |
| लड़का | 13–15 वर्ष | 47.8 | 2450 | 70 | | | 41 |
| लड़की | 13–15 वर्ष | 46.7 | 2060 | 65 | 22 | 600 | 28 |
| लड़का | 16–18 वर्ष | 57.1 | 2640 | 78 | | | 50 |
| लड़की | 16–18 वर्ष | 49.9 | 2060 | 63 | 22 | 500 | 30 |

g/d = ग्राम प्रतिदिन

1. आपका भोजन ताजा हो तथा उसे संक्रमण एवं संदूषण मुक्त रखने के लिए धूल, मक्खी-कीट एवं सूक्ष्म जीवों से बचा कर रखना चाहिए।
2. साफ बर्तन का प्रयोग करें।
3. खाना खाने अथवा उसे छूने से पहले अपने हाथ एवं मुँह को साबुन से धोएँ।
4. प्रसन्नचित मुद्रा में भोजन पकाएँ एवं खाएँ।
5. धूम्रपान, तंबाकू खाना, शराब पीना, तथा नशे की चीजों (दवाओं) का सेवन बुरी आदतें हैं तथा इनसे दूर रहना चाहिए। इनका हमारे शरीर एवं मस्तिष्क पर हानिकारक प्रभाव पड़ता है।

### 16.3.3 व्यायाम एवं विश्राम

नियमित व्यायाम शरीर को स्वस्थ रखने के लिए आवश्यक है। व्यायाम व्यक्ति की आयु, शारीरिक आवश्यकता एवं व्यवसाय पर निर्भर करता है। उन लोगों के लिए जो अधिकतर कार्य बैठे-बैठे करते हैं, व्यायाम करना अधिक आवश्यक है।

नियमित रूप से सोना तथा विश्राम भी स्वास्थ्य के लिए महत्त्वपूर्ण है। सोने की अवधि भी आयु एवं व्यवसाय के अनुसार बदलती रहती है। शिशु अधिक समय तक सोते हैं। यह उनकी वृद्धि के लिए आवश्यक है। बच्चों के लिए आठ घंटे की नींद पर्याप्त है जबकि वयस्क के लिए छः घंटे सोना ही पर्याप्त है। विश्राम से व्यक्ति की कार्य क्षमता में वृद्धि होती है। किसी भी ऐसी क्रिया अथवा मनोरंजन को जिससे एकरसता से उत्पन्न थकान दूर होती हो, विश्राम कहते हैं। विश्राम के अनेक तरीके हैं। योग एवं ध्यान से शारीरिक एवं मानसिक विश्रांति प्राप्त होती है। संगीत सुनना तथा पत्रिका पढ़ना भी विश्रांति ही है।

**प्रश्न**

1. विश्व स्वास्थ्य संगठन के अनुसार स्वास्थ्य की परिभाषा लिखिए।
2. अच्छे स्वास्थ्य के लिए आवश्यक तीन परिस्थितियाँ कौन-सी हैं ?

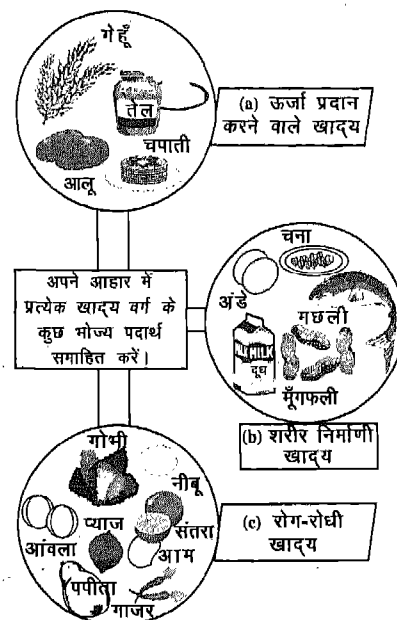
## 16.4 भोजन के घटक

कुछ कार्बनिक पदार्थ तथा खनिज भोजन के प्रमुख घटक हैं। इन्हें पोषक कहते हैं।

**भोजन के पोषक हैं : 1. कार्बोहाइड्रेट 2. प्रोटीन 3. वसा 4. विटामिन तथा 5. खनिज।** रूक्ष अंश (रेशा) एवं **जल** भी शरीर के लिए आवश्यक हैं। खाद्य पदार्थों को उनमें उपस्थित पोषक एवं शरीर में उनके महत्त्व के आधार पर विभिन्न वर्गों में रखा गया है। सुविधा के लिए भोजन के तीन प्रमुख वर्गों की चर्चा हम यहाँ करेंगे। ये वर्ग हैं : **1. ऊर्जा प्रदान करने वाले खाद्य पदार्थ 2. शरीर निर्माण करने वाले खाद्य 3. रोधी-क्षमता वाले खाद्य** (Protective Food)।

**ऊर्जा प्रदान करने वाले खाद्य :** हमें अपने अंगों को गति प्रदान करने के लिए, शरीर में विभिन्न पदार्थों के संश्लेषण एवं अन्य जैव प्रक्रमों के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। भोजन ऊर्जा प्रदान करता है।

**शारीरिक निर्माण करने वाले खाद्य :** भोजन वृद्धि के लिए ऊर्जा एवं आवश्यक पदार्थ प्रदान करता है। शरीर में टूट-फूट भी निरंतर होती रहती है, जिससे नवीन कोशिकाओं के बनने एवं टूट-फूट से प्रभावित भाग के मरम्मत की आवश्यकता होती है। भोजन इनके लिए आवश्यक पदार्थ प्रदान करता है।

**रोधी-क्षमता वाले खाद्य :** भोजन में कुछ पदार्थों जैसे कि विटामिन एवं खनिज की अनुपस्थिति अथवा कमी से 'हीनताजन्य रोग' हो जाते हैं। भोजन में इन पदार्थों की आवश्यकता शारीरिक अभिक्रियाओं को सुचारु रूप से चलाने के लिए होती है। इसलिए हमें ऐसा आहार चाहिए जिसमें ये पदार्थ पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध हों।

*चित्र 16.1 : प्रमुख खाद्य वर्ग।*

### 16.4.1 कार्बोहाइड्रेट

कार्बोहाइड्रेट ऊर्जा प्रदान करने वाले पदार्थों का वर्ग है। ये कार्बन, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के यौगिक हैं। मंड, चीनी एवं ग्लूकोज इत्यादि कार्बोहाइड्रेट के उदाहरण हैं। खाद्यान्न, एवं कंद-मूल मंड के प्रमुख स्रोत हैं जिससे तुरंत ऊर्जा प्राप्त होती है।

पका हुआ मंड सरलता से पच जाता है तथा पूर्ण रूप से ग्लूकोज में बदल जाता है। कोशिकाओं में ग्लूकोज के ऑक्सीकरण से ऊर्जा मुक्त होती है। 1 ग्राम ग्लूकोज के पूर्ण ऑक्सीकरण से 4.2 कि. कैलोरी ऊर्जा प्राप्त होती है।

अपने देश में कार्बोहाइड्रेट के प्रमुख स्रोत हैं – गेहूँ, चावल, मक्का, बाजरा, आलू, शकरकंद, शलजम, केला इत्यादि।

सारणी 16.2 : भोजन (खाद्य पदार्थों) के प्रमुख घटक।

| *खाद्य वर्ग* | *प्रमुख पोषक* | *पोषक तत्व वाले खाद्य पदार्थ* |
|---|---|---|
| ऊर्जा प्रदान करने वाले | कार्बोहाइड्रेट एवं वसा | • खाद्यान्न : गेहूँ चावल<br>• आलू<br>• चीनी<br>• वसा – घी एवं तेल |
| शरीर निर्माण करने वाले | प्रोटीन | • दूध<br>• मांस – मटन, मुर्गी, मछली<br>• अंडा<br>• दलहन–दालें, चना, सोयाबीन, मटर |
| रोग-रोधी/रक्षात्मक | खनिज, विटामिन | • सब्जियाँ विशेष रूप से पत्ते वाली हरी सब्जी-पालक, पत्तागोभी, बथुआ इत्यादि। भोजन में रूक्ष.अंश (रेशे) सलाद, बैंगन, फल तथा फलियाँ। |

**क्रियाकलाप 1 : कार्बोहाइड्रेट की उपस्थिति के लिए परीक्षण**

**(a) मंड :** आलू का एक छोटा.सा टुकड़ा अथवा गेहूँ का आटा लीजिए। इसे एक परखनली में लेकर इसमें आयोडीन विलयन की एक बूँद डालिए। आप देखेंगे कि घोल का रंग गहरा नीला.काला हो गया है। यह मंड की उपस्थिति को दर्शाता है। उबले हुए अंडे की सफेदी का एक टुकड़ा लीजिए और परीक्षण को दोहराइए। आपने क्या देखा ? नीले.काले रंग का न बनना अंडे की सफेदी में मंड की अनुपस्थिति दर्शाता है।

**(b) शर्करा :** केले, आलू, कच्ची इमली अथवा नींबू का एक-एक छोटा टुकड़ा लीजिए। इन्हें अलग.अलग पीस कर उनका रस निकाल लीजिए। इनकी 5 से 10 बूँदें अलग.अलग परखनलियों में लीजिए तथा प्रत्येक परखनली में बेनेडिक्ट विलयन की कुछ बूँदें डालकर गर्म कीजिए। इस घोल को डालने से पहले एवं बाद का रंग नोट कीजिए। जिस परखनली में रंग लालिमायुक्त नारंगी रंग में परिवर्तित हो गया उसमें शर्करा उपस्थित है। अपने प्रेक्षण नोट कीजिए।

### 16.4.2 प्रोटीन

प्रोटीन शब्द का सर्वप्रथम प्रयोग जे. बरजेलियस (1938) ने किया था। प्रोटीन छोटी इकाइयों से बने होते हैं, जिन्हें ऐमीनो अम्ल कहते हैं। सभी जीवों में मिलने वाली प्रोटीन बीस विभिन्न प्रकार के ऐमीनो अम्ल के संयोजन से बनी होती है। प्रोटीन हमारे शरीर का केवल संरचनात्मक पदार्थ ही नहीं है वरन् यह अन्य प्रकार्यों को भी संपन्न करते हैं जिन्हें सारणी 16.3 में दर्शाया गया है।

अतः प्रोटीन शारीरिक वृद्धि एवं प्रक्रियाओं के लिए

सारणी 16.3 : कुछ प्रोटीनों के प्रकार्य।

| प्रोटीन के प्रकार | प्रकार्य |
|---|---|
| एंजाइम | जैव.उत्प्रेरकः शरीर में लगातार होने वाली जैव.रासायनिक प्रक्रियाओं में सहायता करता है। |
| परिवहन प्रोटीन | रक्त में विभिन्न पदार्थों को विभिन्न ऊतकों तक ले जाता है। |
| संकुचनशील प्रोटीन | गति तथा चलन के लिए मांसपेशियों का संकुचन। |
| हॉर्मोन | कुछ हार्मोन प्रोटीन होते हैं। हार्मोन अनेक शारीरिक प्रकार्यों को नियंत्रित करते हैं। |
| संरचनात्मक प्रोटीन | कोशिकाओं तथा ऊतकों के संरचनात्मक भाग बनाते हैं। |
| रक्षात्मक प्रोटीन | संक्रमण से लड़ने में सहायता करता है। उदाहरण - प्रतिजैविक। |

आवश्यक है। भोजन में इनकी कमी से शारीरिक एवं मानसिक वृद्धि रुक जाती है। प्रोटीन की कमी से शिशुओं में सूखा रोग (*मैरास्मस*) तथा *क्वाशियोरकॉर* नामक रोग हो जाता है।

### क्रियाकलाप 2 : खाद्य पदार्थों में प्रोटीन का परीक्षण

तीन अलग-अलग परखनलियों में (a) उबले हुए अंडे की सफेदी (b) सेव तथा (c) मटर के दाने लीजिए। अपने अध्यापक की सहायता से प्रत्येक परखनली में इतना तनु नाइट्रिक अम्ल डालें कि खाद्य पदार्थ ढक जाए। इसको सावधानीपूर्वक थोड़ी देर तक गर्म करें। अब अम्ल को निथार कर निकाल दें और पानी से तीन बार धोएँ। अब इसमें अमोनियम हाइड्रॉक्साइड की कुछ बूँदें मिलाएँ। नाइट्रिक अम्ल के साथ गर्म करने के उपरान्त तथा अमोनियम हाइड्रॉक्साइड डालने के बाद प्रत्येक परखनली में हुए रंग परिवर्तन को नोट करें। उदाहरण के लिए अंडे की सफेदी का टुकड़ा नाइट्रिक अम्ल के साथ गर्म करने पर पीला हो जाता है। यह अमोनियम हाइड्रॉक्साइड डालने पर नारंगी रंग का हो जाता है। यह इस बात का संकेत है कि अंडे की सफेदी में प्रोटीन उपस्थित है। अन्य दो परखनलियों में आप क्या देखते हैं ?

### 16.4.3 वसा

वसा के अणु ग्लिसरॉल तथा वसा-अम्ल के संयोग से बनते हैं। कार्बोहाइड्रेट की तरह वसा भी कार्बन, हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के यौगिक हैं।

वसा को उनके स्रोत के आधार पर दो वर्गों में बाँटा गया है – जंतु वसा तथा वनस्पति वसा। जंतु वसा दूध, पनीर, मक्खन, अंडा, मांस तथा मछली के तेल में होता है। वनस्पति वसा वनस्पति तेलों में उपलब्ध होता है।, वनस्पति तेल अखरोट, बादाम, मूँगफली, नारियल, सरसों, तिल एवं सूरजमुखी इत्यादि से प्राप्त होता है।

वसा सामान्यतः 20 °C ताप पर ठोस अवस्था में होते हैं परन्तु यदि वे इस ताप पर द्रव अवस्था में हों तो उन्हें 'तेल' कहते हैं।

वसा अम्ल दो प्रकार के होते हैं – संतृप्त तथा असंतृप्त। असंतृप्त वसा अम्ल मछली के तेल एवं वनस्पति तेलों में मिलते हैं। केवल नारियल का तेल तथा ताड़ का तेल (Palm Oil) संतृप्त वनस्पति तेल के उदाहरण हैं। अधिकतर संतृप्त वसा जंतु-वसा होता है। सामान्य ताप पर यह ठोस होता है, उदाहरण : मक्खन। एक ग्राम वसा के पूर्ण ऑक्सीकरण से 9.3 Kcal. ऊर्जा मुक्त होती है जो एक ग्राम ग्लूकोज से प्राप्त ऊर्जा से 2.25 गुना अधिक है। सामान्यतः एक वयस्क व्यक्ति को 20-30% ऊर्जा वसा से प्राप्त होनी चाहिए। आहार में मक्खन तथा घी जैसे संतृप्त वसा की मात्रा कम होनी चाहिए क्योंकि संतृप्त वसा आसानी से कोलेस्टेरॉल में परिवर्तित हो जाता है। इससे धमनी काठिन्य (Arteriosclerosis), अधिक रक्तचाप तथा हृदय संबंधी विकार उत्पन्न हो जाते हैं। धमनी काठिन्य रोग में धमनी की दीवार मोटी एवं कठोर हो जाती है।

#### प्रकार्य

1. वसा ऊर्जा का संचयित स्रोत है।
2. शरीर को रोधी पर्त प्रदान करने के लिए वसा हमारी त्वचा के नीचे संचयित रहता है।
3. वसा घात-रोधी आवरण के रूप में अनेक अंगों को सुरक्षा प्रदान करता है। उदाहरणतः नेत्रगोलक, वृक्क तथा अंडाशय इत्यादि।

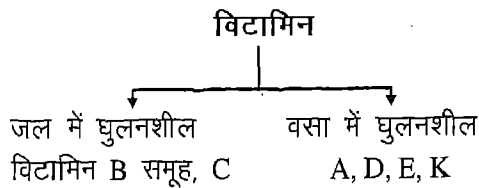
### क्रियाकलाप 3 : विभिन्न खाद्य पदार्थों में वसा का परीक्षण

मूँगफली के कुछ दाने लेकर उनको सफेद कागज के एक टुकड़े पर रखकर पत्थर के टुकड़े से पीस लीजिए। अब इस कागज के टुकड़े को प्रकाश के किसी स्रोत की ओर रख कर देखिए। आप क्या देखते हैं ? क्या तब भी ऐसा ही होगा जब आप कागज पर गेहूँ के दाने पीसते हैं या पानी की एक बूँद डालते हैं। इस परीक्षण को तेल, मक्खन, नारियल, सरसों के दानों तथा चावल के दानों के साथ दोहराइए।

### 16.4.4 विटामिन

विटामिन शब्द का सर्वप्रथम प्रयोग सी. फंक द्वारा सन् 1911 में किया गया। इन कार्बनिक पदार्थों की आवश्यकता लघु मात्रा में होती है। विटामिन हमें खाद्य पदार्थों से ही प्राप्त होते हैं तथा इनकी कमी से कुछ रोग हो जाते हैं।

विलेयता के आधार पर विटामिनों को दो वर्गों में विभाजित किया गया है। जल में घुलनशील (विटामिन-B

समूह एवं विटामिन-C) तथा वसा में घुलनशील (विटामिन A, D, E, और K)।

विटामिनों का संश्लेषण हमारे शरीर की कोशिकाओं द्वारा नहीं हो सकता एवं इसकी पूर्ति विटामिनयुक्त भोजन से होती है। तथापि, विटामिन D एवं K का संश्लेषण हमारे शरीर में होता है। सारणी 16.4 में इन विटामिनों के स्रोत तथा 13-15 वर्ष की आयु के बालक तथा बालिकाओं के लिए दैनिक आवश्यकताओं को सूचीबद्ध किया गया है।

### 16.4.5 खनिज

खनिज अकार्बनिक पदार्थ है। हमारे शरीर में कम से कम 29 तत्व पाए जाते हैं। यद्यपि खनिज से ऊर्जा प्राप्त नहीं होती परंतु इनकी आवश्यकता शरीर की विभिन्न अभिक्रियाओं के लिए होती है, जिन्हे सारणी 16.5 में सूचीबद्ध किया गया है।

### 16.4.6 रुक्ष-अंश

रुक्ष-अंश हमारे आहार का अपाच्य भाग है। उदाहरणतः फल तथा सब्जियों में सेलुलोज तथा मांस और मछली के संयोजी ऊतक। सलाद, सब्जियाँ तथा फल जिसमें छिलका तथा रेशा अधिक हो, रूक्ष-अंश के प्रमुख स्रोत हैं। ये पाचन के लिए उत्तम हैं तथा आंत्रगति में भी सहायता करते हैं। भुटटा तथा दलिया अन्य पोषक तत्वों के साथ-साथ रूक्ष-अंश भी पर्याप्त मात्रा में प्रदान करते हैं।

**सारणी 16.4 : 13-15 वर्ष की आयु के बालक तथा बालिकाओं के लिए विटामिनों की दैनिक आवश्यकताएँ तथा इनके स्रोत।**

| *विटामिन* | *दैनिक आवश्यकता* | *स्रोत* |
|---|---|---|
| विटामिन A | 600 μg | हरी पत्तेदार सब्जियाँ, गाजर, मछली यकृत तेल, कलेजी (यकृत)। |
| विटामिन B (थायमिन) | 1.2 mg (बालक)<br>1.0 (बालिका) | दूध, समुद्री भोजन, सोयाबीन, साबुत अन्न, हरी सब्जियाँ। |
| विटामिन $B_2$ (रिबोफ्लेविन) | 1.6 mg (बालक)<br>1.4 mg (बालिका) | दूध, मटर, सेम, यीस्ट, मांस, अण्डा हरी पत्तेदार सब्जियाँ। |
| विटामिन $B_7$ (नियासिन) | 16 mg (बालक)<br>14 mg (बालिका) | मांस, मछली, मुर्गा, आलू, साबुत अन्न, टमाटर, मूँगफली, हरी सब्जियाँ। |
| फोलिक अम्ल | 50-100 mg | हरी पत्तेदार सब्जियाँ, अंकुरित दालें। |
| विटामिन $B_{12}$ (साएनोंकाबालामिन) | 0.2-1.0 μg | मांस, कलेजी, दूध। |
| विटामिन C (ऐस्कॉर्बिक अम्ल) | 40 mg | रसदार फल, विशेषकर आँवला, नीबू, संतरा, नारंगी, अमरूद। |
| विटामिन D (कैल्सिफेरॉल) | 200 IU | दूध, मछली यकृत (लीवर) तेल, अंडा (प्रकाश की उपस्थिति में शरीर स्वयं भी संश्लेषित करता है)। |
| विटामिन E (टोकोफ़ेरॉल) | अति लघु मात्रा | हरी पत्तेदार सब्जियाँ, दूध, मक्खन, टमाटर। |
| विटामिन K | अति लघु मात्रा | (विटामिन K का संश्लेषण शरीर में होता है।)<br>यह रुधिर के स्कंदन (थक्का जमने) के लिए आवश्यक है। |

IU = अंतर्राष्ट्रीय मानक, mg = मिलीग्राम (1/1000 ग्राम), μg = माइक्रो ग्राम (1/10,00,000 ग्राम)

सारणी 16.5 : कुछ महत्त्वपूर्ण खनिजों की दैनिक आवश्यकताएँ तथा उनके प्रकार्य।

| *खनिज* | *दैनिक मात्रा* | *मुख्य स्रोत* | *प्रकार्य* |
|---|---|---|---|
| सोडियम (सोडियम क्लोराइड के रूप में) | 2-5 g | साधारण नमक, मछली, मांस, अण्डे, दूध | यह समान्यतः कोशिका-बाह्य द्रव में धनायन के रूप में होता है तथा निम्न कार्यों से संबद्ध है :<br>1. पेशियों का संकुचन।<br>2. तंत्रिका तंतु में तंत्रिका आवेग का संचरण।<br>3. शरीर में धनात्मक विद्युत-अपघट्य संतुलन बनाए रखना। |
| पोटेशियम | 1 g | लगभग सभी खाद्य पदार्थों में होता है। | सामान्यतः कोशिका द्रव्य में धनायन के रूप में पाया जाता है। यह निम्न अभिक्रियाओं के लिए आवश्यक है :<br>1. कोशिकाओं में होने वाली अनेक रासायनिक अभिक्रियाएँ।<br>2. पेशीय संकुचन ।<br>3. तंत्रिका आवेग का संचरण ।<br>4. शरीर में विद्युत-अपघट्य संतुलन बनाए रखना। |
| कैल्सियम | लगभग 1.2 g | दूध, पनीर, अंडे, हरी सब्जियाँ, साबुत अन्न, चना, रागी, मछली, कसावा | 1. यह विटामिन D के साथ हड्डियों। तथा दाँतों को दृढ़ता प्रदान करता है।<br>2. रुधिर के स्कंदन में महत्त्वपूर्ण भूमिका।<br>3. पेशीय संकुचन प्रक्रिया से संबद्ध। |
| फास्फोरस | 1.2 g | दूध, पनीर, हरी पत्तेदार सब्जियाँ, बाजरा, रागी, गिरी, जई आटा, कलेजी तथा गुर्दे | 1. कैल्शियम से संबद्ध होकर दाँतों तथा हड्डियों को दृढ़ता प्रदान करना।<br>2. यह शरीर के तरल पदार्थों के संरचनात्मक संतुलन बनाए रखने में सहायक है। |
| लौह | 25 mg (बालक)<br>35 mg (बालिका) | कलेजी, गुर्दे, अंडे का पीतक, चोकरयुक्त आटे की रोटी, बाजरा, रागी, सेव, केला, पालक एवं अन्य हरी सब्जियाँ तथा गुड़ | 1. लोहा लाल रुधिर कणिकाओं में हीमोग्लोबिन के बनने के लिए आवश्यक है।<br>2. यह ऊतक-ऑक्सीकरण के लिए आवश्यक है। |
| आयोडीन | 20 $\mu$g | समुद्री मछली, समुद्री भोजन, हरी पत्तेदार सब्जियाँ, आयोडीन युक्त नमक | यह थॉयरायड ग्रंथि द्वारा स्रावित थॉयरॉक्सिन हार्मोन के संश्लेषण के लिए आवश्यक है। इसकी कमी से घेंघा या गलगंड नामक हीनताजन्य रोग हो जाता है। |

### 16.4.7. जल

जल हमारे आहार का एक महत्त्वपूर्ण भाग है। हमारे शरीर के भार का 65-75% भाग जल है। उल्टी (वमन) तथा अतिसार से शरीर में पानी की कमी (निर्जलीकरण) हो जाती है। निर्जलीकरण से मृत्यु भी हो सकती है।

**प्रकार्य**

1. जल हमारे शरीर के ताप को स्वेदन (पसीना) तथा वाष्पन द्वारा नियंत्रित करता है।
2. शरीर के अपशिष्ट पदार्थों के उत्सर्जन का महत्त्वपूर्ण माध्यम है।

3. शरीर में होने वाली अधिकतर जैवरासायनिक अभिक्रियाएँ जलीय माध्यम में संपन्न होती हैं।
4. यह एक अच्छा विलायक है।

**क्रियाकलाप 4 : खाद्य पदार्थों में जल का परीक्षण**

अलग-अलग तश्तरियों में आलू के टुकड़े, कटी हुई भिंडी, पुदीना अथवा धनिये की पत्तियाँ तथा गेहूँ के दाने लें। इन्हें चार दिनों के लिए धूप में रखें तथा प्रतिदिन इनका भार ज्ञात करें। प्रारंभिक भार से भार परिवर्तन की तुलना कीजिए। गेहूँ के दाने पहले से ही शुष्क होते हैं इसलिए इनके भार में परिवर्तन नगण्य होता है जबकि सब्जियों के भार में कमी अपेक्षाकृत अधिक होता है।

**प्रश्न :**

1. भोजन में कौन-कौन से पोषक उपस्थित होते हैं ?
2. हमारे आहार में अधिक मात्रा में रूक्ष-अंश होना आवश्यक है। क्यों ?

## 16.5 संतुलित आहार

विभिन्न प्रकार के खाद्य पदार्थ जिन पर कोई जीव अथवा समूह निर्भर करता है, **आहार** कहलाता है। **संतुलित आहार** वह है जिसमें सभी पोषक तत्व उचित मात्रा में विद्यमान हों। यह व्यक्ति की आयु, लिंग, स्वास्थ्य एवं व्यवसाय पर निर्भर होता है। संतुलित आहार की योजना बनाते समय आहार में खाद्य समूहों को खाद्य **विनिमय** प्रणाली में बाँट सकते हैं। इस प्रणाली में परसे जाने वाले भोजन की मात्रा तथा पोषक तत्वों का निर्धारण एवं मानकीकरण ऊर्जा Kcal. प्रोटीन, वसा, तथा कार्बोहाइड्रेट की उपलब्धता के आधार पर किया जाता है। सारणी 16.6 में खाद्य विनिमय सूची दी गई है। भारतीय आयुर्विज्ञान अनुसंधान परिषद् (ICMR) द्वारा तैयार की गई संतुलित आहार को सारणी 16.7 तथा 16.8 में दिया गया है।

## 16.6 अल्पपोषण तथा कुपोषण

अल्पपोषण (Under Nutrition) तथा कुपोषण (Mal-nutrition) एक दूसरे के पर्याय नहीं है। कुपोषण किसी व्यक्ति के शारीरिक विकार की स्थिति है जो असंतुलित अथवा अपर्याप्त आहार (आहार में सभी पोषक तत्व पर्याप्त मात्रा में न होना) के कारण अथवा व्यक्ति में किसी रोग के कारण पोषकों के अवशोषण अथवा स्वांगीकारण की क्षमता के अभाव से उत्पन्न होती है। कुपोषण के चार प्रकार हैं।

### 1. अल्पपोषण

लंबी अवधि तक भोजन की कम मात्रा लेने से उत्पन्न स्थिति को अल्पोषण कहते हैं। कई बार तो कई दिनों तक खाना न मिलने से भुखमरी की स्थिति आ जाती है।

### 2. अतिशय पोषण

लंबी अवधि तक अत्यधिक भोजन लेने से अतिशय पोषण विकार हो जाता है। इसके परिणामस्वरूप

सारणी 16.6 : खाद्य विनिमय प्रणाली।

| *क्र. सं.* | *विनिमय सूची* | *परोसने की मात्रा/ स्थूल मात्रा (g)* | *कार्बोहाइड्रेट (g)* | *प्रोटीन (g)* | *वसा (g)* | *ऊर्जा (Kcal)* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | हरी पत्तेदार सब्जियाँ<br>अन्य सब्जियाँ | ½ कप<br>½ कप | 6<br>6-10 | अनुपस्थित<br>अनुपस्थित | अनुपस्थित<br>अनुपस्थित | 30-40<br>50-60 |
| 2 | फल | परिवर्तनीय | 10 | अनुपस्थित | अनुपस्थित | 40 |
| 3 | खाद्यान्न | 25 | 19-21 | 2-3 | – | 85 |
| 4 | फली तथा दालें | 25 | 15 | 6 | – | 85 |
| 5 | दूध तथा<br>मांस | ½ कप<br>75 | 6<br>अनुपस्थित | 3.5<br>7.5 | 4.0<br>6.0 | 65<br>85 |
| 6 | वसा तथा<br>शर्करा (चीनी) | 10<br>10 | अनुपस्थित<br>10 | अनुपस्थित<br>अनुपस्थित | 10.0<br>अनुपस्थित | 90<br>40 |

मोटापा, धमनी काठिन्य (धमनी की दीवार में कोलेस्टेरॉल का जमना), रक्त संबंधी विकार तथा मधुमेह हो जाते हैं।

3. **असंतुलित आहार**

जब आहार में कुछ पोषक अधिक मात्रा में तथा कुछ अन्य पोषक नगण्य मात्रा में उपस्थित होते हैं तब आहार असंतुलित कहलाता है।

4. **विशिष्ट पोषक का अभाव**

आहार में किसी पोषक विशेष की कमी अथवा अभाव होने से विशिष्ट हीनताजन्य विकार उत्पन्न हो जाते हैं।

**क्रियाकलाप 5**

अपने 5 मित्रों के किसी एक दिन के आहार में लिए जाने वाले खाद्य पदार्थों की सूची बनाइए। भोजन में लिए जाने वाले पोषकों की मात्रा को सारणीबद्ध करें तथा पता लगाएँ कि क्या यह संतुलित है ?

## 16.7 खाद्य अपमिश्रण

खाद्य अपमिश्रण का अर्थ है, खाद्य प्रदार्थों में किसी अन्य पदार्थ की मिलावट अथवा उसे अवांछित वस्तु से प्रतिस्थापित करना।

अपमिश्रण से उपभोक्ता को दो प्रकार से हानि होती है:

1. कम गुणवत्ता वाले खाद्य पदार्थ के लिए अधिक मूल्य देना।
2. कुछ अपमिश्रक स्वास्थ्य के लिए हानिकारक होते हैं जिससे मृत्यु तक हो सकती है। उदाहरणस्वरूप, सरसों के तेल में पीली कटेरी (आर्जिमोन) के तेल, की मिलावट से व्यापक स्तर पर ड्राप्सी नामक रोग हो जाता है। सारणी 16.9 में हमारे देश में खाद्य पदार्थों के कुछ सामान्य अपमिश्रक दर्शाए गए हैं।

**क्रियाकलाप 6 : खाद्य पदार्थों में अपमिश्रण की जाँच के लिए परीक्षण**

(a) **घी अथवा मक्खन में वनस्पति :** एक परखनली में एक चम्मच घी या मक्खन के नमूने को गर्म कर

**सारणी 16.7 : ICMR द्वारा अनुमोदित संतुलित आहार (g में)।**

| *खाद्य पदार्थ* | *वयस्क पुरुष* | | | *वयस्क स्त्री* | | | *बच्चे* | | *बालक* | *बालिका* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | आसीन | मध्यम श्रम | कठोर श्रम | आसीन | मध्यम श्रम | कठोर श्रम | 1-3 वर्ष | 4-6 वर्ष | 10-12 वर्ष | 10-12 वर्ष |
| अन्न | 400 | 520 | 670 | 410 | 440 | 575 | 175 | 270 | 420 | 380 |
| दलहन | 40 | 50 | 60 | 40 | 45 | 50 | 35 | 35 | 45 | 45 |
| पत्तेदार सब्जियाँ | 40 | 40 | 40 | 100 | 100 | 50 | 40 | 50 | 50 | 50 |
| अन्य सब्जियाँ | 60 | 70 | 80 | 40 | 40 | 100 | 20 | 30 | 50 | 50 |
| कंद-मूल | 50 | 60 | 80 | 50 | 50 | 60 | 10 | 20 | 30 | 30 |
| दूध | 150 | 200 | 250 | 100 | 150 | 200 | 300 | 250 | 250 | 250 |
| वसा तथा तेल | 40 | 45 | 65 | 20 | 25 | 40 | 15 | 25 | 40 | 35 |
| चीनी अथवा गुड़ | 30 | 35 | 55 | 20 | 20 | 40 | 30 | 40 | 45 | 45 |

**सारणी 16.8 : सामिष भोजी के लिए प्रस्तावित विकल्प।**

| *शाकाहार से हटाए जाने वाले खाद्य पदार्थ* | *प्रस्तावित सामिष प्रतिस्थापन/विकल्प* |
|---|---|
| 50% दालें (20-30 g) | 1. एक अंडा अथवा 30 g मांस या मछली<br>2. वसा या तेल अतिरिक्त मात्रा 5 g |
| 100% दालें (40-60 g) | 1. दो अंडे अथवा 50 g मांस या मछली<br>2. वसा या तेल – 10 g |

पिघलाइए। इसमें समान मात्रा में सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) तथा एक चुटकी चीनी मिलाइए। इसे एक मिनट तक भलीभाँति हिलाइए तथा पाँच मिनट तक स्थिर होने के लिए छोड़ दीजिए। परखनली के निचले स्तर का किरमिची लाल (क्रिमसन) रंग का हो जाना घी अथवा मक्खन में वनस्पति की उपस्थिति सिद्ध करता है।

(b) **दूध में पानी** : ऊर्ध्व अथवा तिरछी रखी काँच की पट्टी के ऊपरी भाग पर दूध के नमूने की एक बूँद डालें। आप क्या देखते हैं ? शुद्ध दूध की बूँद या तो स्थिर रहेगी अथवा बहुत धीरे से एक सफेद निशान छोड़ती हुई नीचे की ओर बहेगी। यदि दूध में पानी की मिलावट है, तो यह बूँद बिना कोई निशान छोड़े नीचे की ओर तेजी से बहेगी। यह परीक्षण मखनिया दूध के लिए उपयुक्त नही है, जिसके लिए दुग्धमापी का उपयोग करना चाहिए। दुग्धमापी एक बेलनाकार उपकरण है जिसका उपयोग तरल पदार्थों का घनत्व ज्ञात करने में किया जाता है। इसका निर्धारण दुग्धमापी के प्लवन स्तर के आधार पर किया जाता है। शुद्ध दूध के लिए दुग्धमापी का पठन 1.026 से कम नहीं होना चाहिए।

(c) **खाद्य तेलों में पीली कटेरी का तेल** : खाद्य तेल के नमूने मे सांद्र नाइट्रिक अम्ल ($HNO_3$) डालकर सावधानीपूर्वक हिलाएँ तथा अम्ल स्तर का रंग देखिए। लाल या लालिमायुक्त भूरा रंग नमूने में कटेरी के तेल की उपस्थिति दर्शाता है।

(d) **दाल में मेटानिल पीला** : एक परखनली में 5 g दाल के नमूने को 5 mL उस पानी के साथ हिलाइए। इसमें हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) की कुछ बूँदें डालिए। पानी का रंग गुलाबी होना दाल में मेटानिल पीला के अपमिश्रण को दर्शाता है।

### खाद्य मानक

यह अति आवश्यक है कि प्रमाणिक गुणवत्ता वाले खाद्य पदार्थों का उपयोग किया जाए। खाद्य अपमिश्रण को रोकने तथा शुद्ध खाद्य पदार्थों की उपलब्धता सुनिश्चित करने के लिए सरकार ने मानकीकरण के लिए कुछ संस्थान स्थापित किए हैं। ये संस्थान हैं :

(i) आहारीय संहिता (Codex Alimentarius)

(ii) खाद्य अपमिश्रण रोधक विधान (P.F.A)

(iii) एगमार्क मानक

(iv) भारतीय मानक ब्यूरो (BIS)

**सारणी 16.9 : खाद्य पदार्थों में मिलाए जाने वाले कुछ सामान्य अपभिश्रक।**

| *खाद्य पदार्थ* | *अपमिश्रक* |
|---|---|
| अन्न : गेहूँ, चावल | मिट्टी, बजरी, सिलबजड़ी |
| दालें | केसरी दाल, मेटानिल पीला (एक रंग) |
| पिसी हल्दी | लेड क्रोमेट |
| पिसा धनिया | पिसा गोबर अथवा घोड़े की लीद, मंड |
| काली मिर्च | पपीते के सूखे बीज |
| पिसी लाल मिर्च | लकड़ी का बुरादा, पिसी ईंट |
| सरसों के बीज | पीली कटेरी (आर्जिमोन) के बीज |
| खाद्य तेल | सस्ते तेल जैसे खनिज तेल अथवा कटेरी का तेल |
| दूध | वसा निकाल लेना, मंड मिलाना |
| शहद | गुड़, चीनी |

**प्रश्न**

1. संतुलित आहार किसे कहते हैं ?
2. कुपोषण के विभिन्न प्रकार कौन-कौन से हैं ?
3. खाद्य अपमिश्रण क्या है ?
4. BIS का पूरा नाम लिखिए।

## 16.8 पेयजल की गुणवत्ता

वर्षा जल का एक प्रमुख स्रोत है। वर्षा जल का कुछ भाग भूमि में रिस जाता है तथा भूमिगत जल के रूप में संग्रहित हो जाता है, कुछ भाग वाष्पित होकर पुनः वायुमंडल में चला जाता है तथा कुछ बह कर झरने तथा नदियाँ बनाता है जो अंततः समुद्र में जा मिलता है। ग्रामीण क्षेत्रों मे कुएँ जल के परंपरागत स्रोत हैं। दिल्ली, कोलकाता, इलाहाबाद जैसे अधिकतर शहर जल के लिए नदियों पर निर्भर करते हैं। जल की आपूर्ति के लिए जल संस्थानों द्वारा नलकूपों का भी उपयोग किया जाता है।

(A) जल संस्थान द्वारा जल का परिशोधन भौतिक, रासायनिक, सूक्ष्म जैविक इत्यादि विभिन्न मानकों के आधार पर किया जाता है। जल संस्थान निम्नलिखित चरणों में जल का शुद्धिकरण करता है : (i) संग्रहण (ii) छानना (iii) रोगाणुनाशन।

(i) ***संग्रहण*** : केवल एकत्रित करने मात्र से ही 24 घंटे में जल की 90 % निलंबित अशुद्धियाँ गुरुत्व के कारण तलहटी में बैठ जाती हैं। जिससे जल में प्रकाश आसानी से प्रवेश कर सकता है तथा छानने का कार्य भी आसान हो जाता है। ऐसा देखा गया है कि जब नदी का जल 5-7 दिनों के लिए एकत्रित रहता है तो उसमें जीवाणुओं की संख्या में लगभग 90 % की कमी आ जाती है।

(ii) ***छानना*** : अन्य अशुद्धियों के अतिरिक्त लगभग 98-99% जीवाणु भी इस प्रक्रिया द्वारा अलग हो जाते हैं।

(iii) ***रोगाणुनाशन*** : जल संस्थानों में सामान्यतः क्लोरीन तथा ओजोन प्रवाहित करके एवं पराबैंगनी किरणों के विकिरण द्वारा जल को कीटाणु तथा रोगाणु मुक्त किया जाता है।

क्लोरीन हानिकारक जीवाणु को नष्ट करती है परंतु बीजाणु तथा कुछ विषाणुओं पर इसका कोई प्रभाव नहीं होता (उदाहरणस्वरूप पोलियो, यकृतशोथ, विषाणु पीलिया)।

ओजोन से अप्रिय गंध, स्वाद तथा रंग हट जाते हैं तथा जल क्लोरीन मुक्त हो जाता है। ओजोन एक प्रभावशाली विषाणुनाशक है तथा बहुत शीघ्रता से विषाणुओं को नष्ट करता है। पराबैंगनी किरणों के विकिरण के प्रयोग से भी जल में उपस्थित अनेक सूक्ष्मजीवों को नियंत्रित किया जाता है।

### (B) जल परिशोधन की घरेलू तकनीक

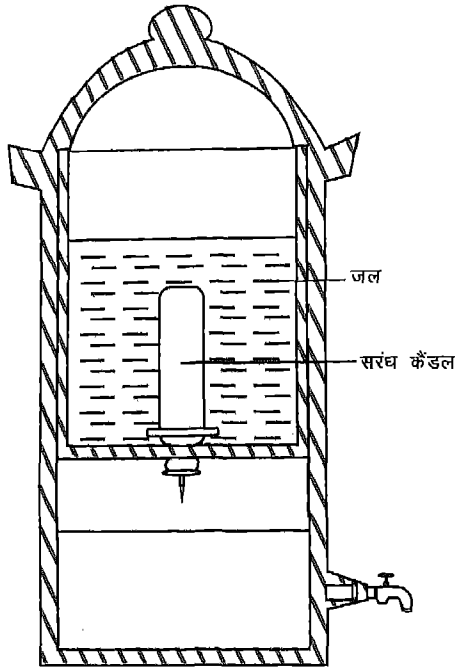
यदि जल के स्रोत के विषय मे शंका हो अथवा जल संदूषण से महामारी फैलने की अवस्था में जल के शुद्धिकरण के लिए निम्नलिखित विधियों का प्रयोग करना चाहिए : (i) भंडारण (ii) छानना (iii) रोगाणुनाशन।

1. **भंडारण** : जल संग्रह के पुराने तरीके जिसमें जल को –

(a) ताँबे के बर्तन : आयनिक ताँबे का जीवाणुओं पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है अतः ताँबे के बर्तन में जल भण्डारण से जीवाणुओं की संख्या में कमी आती है।

(b) मिट्टी के बर्तन : सरंध्र मिट्टी के बर्तन में जल भर कर रखने से भी जीवाणुओं की संख्या में कमी आ जाती है। मिट्टी के बर्तन में कपूर अथवा तुलसी की पत्ती डाल कर जल भर कर रखने से सूक्ष्मजीवों की संख्या में कमी आ जाती है। यह कमी इनमें उपस्थित रसायन क्रमशः मोनोटर्पीन तथा यूजिनॉल के कारण होती है।

**2. छानना** : यह निम्नलिखित तकनीक द्वारा किया जाता है :

(a) **कैण्डल फिल्टर** : छोटे पैमाने पर जल को कैण्डल-फिल्टर द्वारा छानकर शुद्ध कर सकते है (चित्र 16.2)। फिल्टर कैण्डल से सामान्यतः जीवाणु तो अलग हो जाते है परंतु विषाणु नहीं। कुछ समय के बाद जल में उपस्थित अशुद्धियों तथा जीवाणुओं के कारण कैंडल के छिद्र अवरुद्ध हो जाते हैं। जिन्हें बहते हुए पानी में बुरूश से रगड़ कर धोना

*चित्र 16.2 : कैण्डल फिल्टर।*

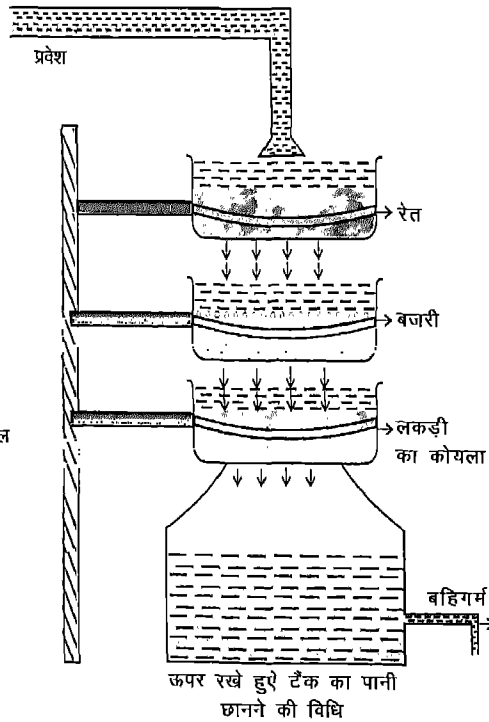
चाहिए तथा सप्ताह में कम से कम एक बार उबाल कर साफ करना चाहिए। (सिरेमिक) फिल्टर में केवल साफ जल का प्रयोग करना चाहिए। जल को साफ करने के लिए फिटकरी की अल्प-मात्रा के प्रयोग से अशुद्धियाँ अवक्षेपित हो जाती हैं।

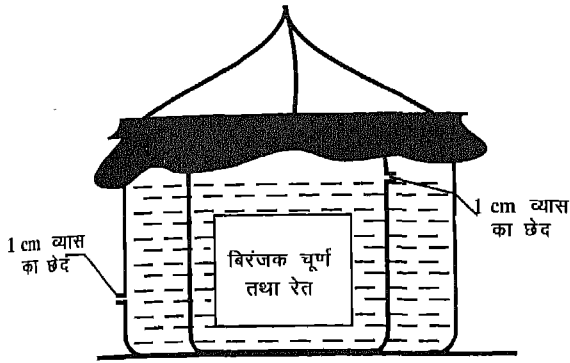
(b) **रेत द्वारा छानने की परम्परागत तकनीक:** अपने देश के गाँवों में जल को रेत, बजरी, लकड़ी के कोयले इत्यादि से भरे घड़ों से क्रमिक रूप से छानने की मूल तकनीक आज भी कारगर है (चित्र 16.3)। शहरों में छतों के ऊपर रखी टंकी में भी इस तकनीक का प्रयोग किया जा सकता है (चित्र 16.4)।

(c) **संहत एकीकृत इलेक्ट्रॉनिक उपकरण :** आजकल इनका उपयोग व्यक्तिगत तथा सामुदायिक पेय जल के लिए किया जा रहा है। इस प्रकार की युक्तियों में फिल्टर तथा लकड़ी के कोयले के साथ-साथ पराबैंगनी विकिरण का समायोजन है।

### 3. विषाणुनाशन

(a) *उबालना :* जल को घूमते हुए बॉयलर (Rolling boil) से 3-5 मिनट तक प्रवाहित किया जाता है। इससे सभी जीवाणु, बीजाणु, सिस्ट (पुटी) तथा अंडे नष्ट हो जाते हैं तथा जल पीने योग्य हो जाता है।

*चित्र 16.3 : ग्रामीण क्षेत्रों में जल को छानने की तकनीक।*

*चित्र 16.4 : शहरी क्षेत्र में जल को छानने की तकनीक।*

(b) *रासायनिक रोगाणुनाशन :* विरंजक चूर्ण, क्लोरीन विलयन तथा उच्च परीक्षण हाइपोक्लोराइट (high test hypochlorite) इत्यादि का उपयोग रासायनिक विषाणुनाशक के रूप मे किया जाता है। नागपुर स्थित राष्ट्रीय पर्यावरण अभियांत्रिक अनुसंधान संस्थान (NEERI) द्वारा तैयार की गई क्लोरीन की गोलियाँ सस्ते दामों में बाजार में आसानी से उपलब्ध हैं। 0.5 g की एक गोली एक घंटे में 20 लीटर जल के रोगाणुनाशन लिए पर्याप्त है। आकस्मिक अवसरों पर जल के रोगाणुनाशन के लिए आयोडीन का भी उपयोग किया जाता है। आयोडीन के 2 % ऐथनॉल

चित्र 16.5 : दोहरा बर्तन।

विलयन की दो बूँदें एक लीटर जल को स्वच्छ करने के लिए पर्याप्त हैं। प्रभावी रोगाणुनाशन में ऐथनॉल से 20-30 मिनट का समय लगता है।

(c) *कुएँ का रोगाणुनाशन :* हैजा, आँत्रशोथ, यकृतशोथ, टाइफायड इत्यादि की महामारी फैलने पर बड़े स्तर पर कुआँ में दवाई डाल कर जल को रोगाणुमुक्त किया जाता है। इसके लिए विरंजक चूर्ण सस्ता एवं प्रभावी है। NEERI, नागपुर द्वारा विकसित दोहरे बर्तन तकनीक (double pot method) द्वारा कुएँ के जल में क्लोरीन की निश्चित मात्रा निरंतर प्रवाहित होती रहती है (चित्र 16.5)।

**प्रश्न**

1. जल के शुद्धिकरण के कौन-कौन से मानदंड हैं ?
2. जल को रखने के लिए मिट्टी के बर्तन क्यों अच्छे माने जाते हैं ?

## आपने क्या सीखा

- हमारे शरीर को प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, विटामिन, खनिज, जल तथा रूक्ष-अंश की आवश्यकता होती है।
- जब आहार में सभी अवयव उचित मात्रा एवं अनुपात में होते हैं तो उसे संतुलित आहार कहते हैं।
- संतुलित आहार व्यक्ति के भार, आयु तथा जीवनयापन के ढंग के अनुसार बदलता रहता है।
- मनुष्य के लिए पर्याप्त आहार वह है जिससे उसकी दैनिक पोषक आवश्यकताओं की पूर्ति हो तथा सभी कार्यों के लिए पर्याप्त ऊर्जा भी प्राप्त हो।
- मनुष्य की औसत दैनिक ऊर्जा आवश्यकता 2500 cal. है, परन्तु यह आयु, भार तथा व्यवसाय के अनुसार बदलती रहती है।
- भोजन संबंधी उचित आदतें, विश्राम तथा व्यायाम, अच्छे स्वास्थ्य एवं स्वस्थ मस्तिष्क के लिए आवश्यक हैं।
- अल्प पोषण का अर्थ लंबी अवधि तक पर्याप्त भोजन का न लेना है।
- कुपोषण व्यक्ति के शारीरिक विकार की स्थिति है जो असंतुलित अथवा अपर्याप्त आहार लेने के कारण उत्पन्न होती है।
- विभिन्न तकनीक अपनाकर पेयजल की गुणवता बनाए रखना आवश्यक है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. विश्व स्वास्थ्य संगठन के अनुसार स्वास्थ्य की परिभाषा क्या है ?
2. भोजन के क्या कार्य हैं ?
3. भोजन के प्रमुख अवयव कौन–कौन से हैं? उन्हें पोषक क्यों कहते हैं ?
4. भोजन में प्रोटीन की आवश्यकता तथा महत्त्व के विषय में लिखिए।
5. हमारे शरीर में मिलने वाली विभिन्न प्रकार की प्रोटीन के नाम लिखिए। किन्हीं दो प्रकार की प्रोटीन के प्रकार्य लिखिए।

6. गर्भवती महिलाओं को अधिक प्रोटीन तथा ऊर्जा समृद्ध भोजन क्यों देना चाहिए ?

7. कठोर शारीरिक श्रम करने वालों के लिए अधिक कार्बोहाइड्रेट संमृद्ध आहार क्यों आवश्यंक हैं ?

8. यदि वसा तथा कार्बोहाइड्रेट की समान मात्रा का आक्सीकरण किया जाए तो किससे अधिक ऊर्जा प्राप्त होगी ?

9. विभिन्न खाद्य पदार्थों में निम्न की उपस्थिति की जाँच के लिए परीक्षण लिखिए :

   (i) मंड (ii) शर्करा (iii) प्रोटीन तथा (iv) वसा

10. विटामिन किसे कहते हैं ? वसा में विलेय विटामिनों के नाम लिखिए। यह हमें किस प्रकार प्राप्त होते हैं ?

11. उस विटामिन का नाम लिखें जिसका संश्लेषण हमारी त्वचा के नीचे वसा एवं सूर्य के प्रकाश की अभिक्रिया से होता है।

12. किन्हीं दो खनिजों के पोषक प्रकार्यों का विवरण दीजिए।

13. संतुलित आहार पर टिप्पणी लिखिए। यह हमारे शरीर के लिए क्यों आवश्यक है ?

14. भोजन में निम्न पदार्थों के अपमिश्रण की जाँच के लिए परीक्षण लिखिए।

   (i) घी अथवा मक्खन में वनस्पति

   (ii) खाद्य तेलों में कटेरी (आर्जिमोन) का तेल

   (iii) दाल मे मेटानिल पीला रंग

15. जल संस्थान द्वारा जल के परिशोधन के लिए अपनाए जाने वाले विभिन्न चरणों का विवरण दें।

16. निम्न का पूरा नाम लिखिए–

   (i) PFA (ii) BIS

अध्याय

# मानव रोग
# (Human Diseases)

पिछले अध्याय में हम भोजन के विभिन्न अवयवों एवं अच्छे स्वास्थ्य के लिए उनकी प्रासंगिकता के विषय में अध्ययन कर चुके हैं। कभी-कभी शारीरिक क्रियाओं के असंतुलन, मनोवैज्ञानिक कारणों अथवा रोगाणुओं के संक्रमण से स्वास्थ्य पर विपरीत प्रभाव पड़ता है। अंग्रेजी में disease का अर्थ है DIS-EASE अर्थात् असहज।

रोग (व्याधि) शब्द का मूल शब्द व्याधा है, जिसका अर्थ है रुकावट, अर्थात् अच्छे स्वास्थ्य में रुकावट उत्पन्न होना ही रोग है। शरीर के किसी भी अंग में किन्हीं कारणों से कुसंक्रिया का होना रोग कहलाता है। दूसरे शब्दों में शरीर में विकार होना ही रोग कहलाता है। रोगों के मुख्यतः दो प्रकार है : संचरणीय तथा असंचरणीय।

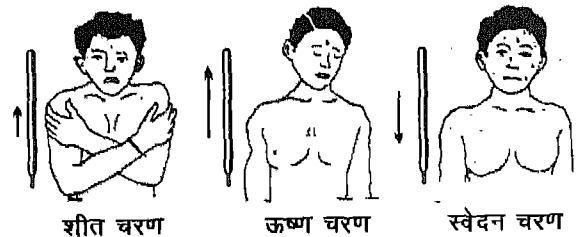
(a) **संचरणीय (संक्रामक) रोग**
यह हानिकारक सूक्ष्म जीवों (रोगाणुओं) के कारण होता है उदाहरणतः जीवाणु, विषाणु, कवक अथवा प्रोटोजोआ। रोगकारक जीव का संचरण वायु, जल, भोजन, रोग वाहक कीट तथा शारीरिक संपर्क द्वारा एक व्यक्ति से दूसरे व्यक्ति तक होता है। इसीलिए इन्हें संचरणीय रोग कहते हैं।

(b) **असंचरणीय (असंक्रामक) रोग**
जो रोग संक्रमित व्यक्ति (रोगी) से स्वस्थ व्यक्ति को स्थानांतरित नहीं होता, उन्हें असंचरणीय अथवा असंक्रामक रोग कहते हैं। मधुमेह, जोड़ों का दर्द, कैंसर तथा हृदय रोग इसके कुछ उदाहरण हैं। अनेक असंचरणीय रोग पोषक तत्वों की कमी के कारण भी होते हैं। इनके विषय में आप इस अध्याय में आगे पढ़ेंगे।

## 17.1 संचरणीय रोग

मलेरिया, इन्फ्लूएंजा तथा पीलिया हमारे देश में मिलने वाले सामान्य रोग हैं। क्षय (T.B.) तथा हैजा से भी बहुत लोग पीड़ित हैं। आपने रेबीज तथा एड्स (AIDS) के विषय में अवश्य सुना होगा। अब आप इन संचरणीय रोगों के लक्षण, कारण, रोकथाम तथा नियंत्रण के विषय में पढ़ेंगे।

### 17.1.1 मलेरिया

स्वास्थ्य विशेषज्ञों के अनुमानानुसार मलेरिया से प्रतिवर्ष लगभग 30 करोड़ व्यक्ति संक्रमित होते हैं तथा 20 लाख की मृत्यु हो जाती है। मलेरिया का कारक **प्लाज्मोडियम** (Plasmodium) नामक परजीवी प्रोटोजोआ है। यह रोगवाहक **मादा एनॉफ्लीज** मच्छर के काटने से होता है जो मनुष्य का खून चूसती है (नर एनॉफ्लीज पौधों के रस पर निर्भर करता है)।

*चित्र 17.1 : मलेरिया के विभिन्न चरण।*

**लक्षण**

सिरदर्द, मचली, पेशीय वेदना तथा तीव्र ज्वर मलेरिया के प्रमुख लक्षण हैं। मलेरिया के प्रत्येक आक्रमण की अवधि 6.10 घंटे होती है। मलेरिया के तीन चरण होते हैं (चित्र 17.1) : शीत चरण (सर्दी तथा कँपकपी महसूस होना), ऊष्ण चरण (तीव्र ज्वर, हृदय की धड़कन तथा श्वास की गति में वृद्धि) एवं स्वेदन चरण (ताप ज्वर सामान्य स्तर तक कम हो जाता है)। मलेरिया के प्रकोप से मुक्ति के बाद व्यक्ति कमजोर तथा अरक्तक हो जाता है। यकृत तथा प्लीहा का बढ़ जाना, मलेरिया के अन्य प्रभाव हैं।

**रोकथाम**

क्योंकि मलेरिया मादा एनॉफ्लीज मच्छर के काटने से संक्रमित व्यक्ति से स्वस्थ व्यक्ति तक फैलता है, इसलिए मच्छर के काटने से बचाव ही मलेरिया की रोकथाम का एक मात्रा उपाय है। इसके लिए कुछ उपाय निम्नलिखित हैं :

1. खिड़की एवं दरवाजों पर महीन जाली लगाएँ जिससे घर में मच्छरों का प्रवेश रोका जा सके।

मेक्कुलाच ने 1827 में सर्वप्रथम 'मलेरिया' शब्द का प्रयोग किया। लेवरन (1880) ने मलेरिया से पीड़ित व्यक्ति के रुधिर में मलेरिया परजीवी प्लाज्मोडियम की खोज की। रोनाल्ड रास (1887) ने मलेरिया परजीवी द्वारा मलेरिया होने की पुष्टि की तथा मच्छर इसका वाहक है। इस खोज के लिए उन्हें औषधि विज्ञान के क्षेत्र में नोबल पुरस्कार दिया गया।

अभी कुछ समय पहले ही एलेन पोर्टर एवं उनके सहयोगियों ने सिंगापुर के राष्ट्रीय संस्थान में आनुवांशिक इंजीनियरिंग द्वारा एक जलीय जीवाणु विकसित किया है। जब मच्छर के लार्वा इन जीवाणुओं को खाते हैं तब उनकी मृत्यु हो जाती है। यह एक प्रभावी जैव नियंत्रण तकनीक सिद्ध हो सकती है।

केंद्रीय औषध अनुसंधान संस्थान (CDRI) ने आर्ट ईथर नामक एक प्रति-प्रमस्तिष्क मलेरिया आषधि विकसित की है जिसे सूरजमुखी कुल के पौधे *आर्टमीसिया एनुआ* (Artemisia annua) से प्राप्त किया जाता है।

2. मच्छर भगाने या मारने वाले रसायन का प्रयोग।
3. मच्छरदानी में सोएँ।
4. ठहरे हुए पानी पर मिट्टी के तेल का छिड़काव करना चाहिए जिससे मच्छरों के लार्वा मर जाएँ अथवा लार्वाभक्षक मछली (उदाहरणतः गेम्बुसिया, ट्राउट, मिनोस) और पक्षी (बतख) इत्यादि के प्रयोग से भी लार्वा नियंत्रण किया जा सकता है।
5. कीटनाशक दवाओं के छिड़काव से मच्छरों को मारना।
6. मच्छरों के प्रजनन स्थानों को नष्ट करना।

**नियंत्रण**

मलेरिया से पीड़ित व्यक्ति के उपचार के लिए कुनैन (सिनकोना वृक्ष की छाल से प्राप्त) नामक औषधि का प्रयोग किया जाता है। चिकित्सक (डाक्टर) की सलाह से कुछ अन्य औषधियाँ भी ली जा सकती हैं। प्रतिमलेरिया टीका विकसित करने के प्रयास भी चल रहे हैं।

### 17.1.2 इन्फ्लुएंजा (फ्लू)

यह एक वायु संवाहित रोग है। इस रोग का कारक *मिक्सोवाइरस इन्फ्लुएंजाइ* नामक विषाणु है।

**लक्षण** : खाँसी, बलगम, छींक तथा ज्वर इत्यादि इस रोग के प्रमुख लक्षण हैं।

**रोकथाम** : फ्लू के रोगी से दूर रहने का प्रयास करें।

**नियंत्रण (उपचार)** : इन्फ्लूएंजा के नियंत्रण का कोई प्रभावी तरीका नहीं है।

### 17.1.3 पीलिया / हिपेटाइटिस

पीलिया अथवा हिपेटाइटिस यकृत का रोग है। यकृत हमारे शरीर का एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण अंग है पीलिया के कारण इसके उत्तेजन से पाचन क्रिया पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। यह रोग हिपेटाइटिस विषाणु संक्रमण से होता है। संदूषित भोजन एवं जल द्वारा फैलता है।

**लक्षण**

(i) तीव्र ज्वर सिरदर्द तथा जोड़ों में दर्द।
(ii) भूख न लगना, मिचली तथा वमन।
(iii) उत्तेजनशील चकत्ते
(iv) संक्रमण के 3-10 दिनों बाद गहरे पीले रंग का मूत्र तथा हल्के रंग की विष्ठा (मल) आना।

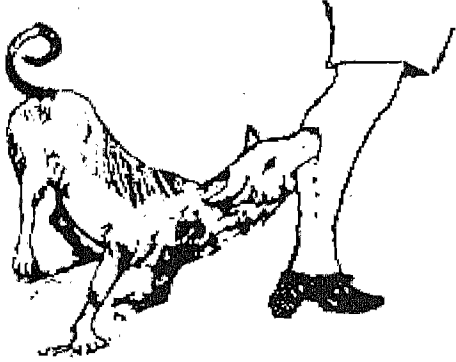
**रोकथाम**

(i) क्लोरीनीकृत, उबले तथा ओजोन उपचारित जल का प्रयोग करें।
(ii) रोगी के वस्त्र, बिछौने तथा बर्तन छूने के उपरांत हाथों को भलीभांति धोएँ।
(iii) हिपेटाइटिस B टीके का प्रयोग।

**नियंत्रण**

(i) चिकित्सक की सलाह पर *इन्टरफेरॉन इन्जेक्शन* लेने से रोग का नियंत्रण संभव है।
(ii) शीघ्र ठीक होने के लिए पर्याप्त विश्राम आवश्यक है।
(iii) अधिक ऊर्जायुक्त आहार जैसे कि ग्लूकोज, गन्ने का स्वच्छ रस, चाहिए।
(iv) प्रोटीन एवं वसा नियंत्रित मात्रा में ही लेने चाहिए।

### 17.1.4 रेबीज़ (जलभीति)

रेबीज से संक्रमित कुत्ता तथा अन्य स्तनधारियों जैसे कि बंदर, बिल्ली अथवा शशक के काटने से रेबीज़ (जलभीति) हो सकती है जो घातक है। यह रोग रेबीज़ विषाणु के संक्रमण से होती है। यह संक्रमित जंतु की लार में उपस्थित होता है और उसके काटने पर लार के साथ मनुष्य के रुधिर में प्रवेश कर जाता है। संक्रमण के बाद भी 1-3 माह तक रोग के लक्षण दिखाई नहीं देते।

*चित्र 17.2 : कुत्ते का काटना।*

**लक्षण**

तीव्र मस्तिष्क पीड़ा (सिरदर्द), तीव्र ज्वर तथा गले एवं छाती की पेशियों के संकुचन से पीड़ा होना, रेबीज़ के प्रमुख लक्षण हैं। पीड़ित व्यक्ति को बेचैनी महसूस होना तथा गले की नलियों के अवरुद्ध होने का अहसास होता है तथा तरल आहार ग्रहण करने में भी कठिनाई होती है। क्योंकि रोगी को जल से भय लगता है इसलिए इस रोग को **जलभीति** भी कहते हैं। केंद्रीय तंत्रिका तंत्र के अत्यधिक क्षतिग्रस्त हो जाने से पक्षाघात हो जाता है इससे वेदनापूर्ण मृत्यु भी हो जाती है।

**रोकथाम**

(i) कटे हुए स्थान को कार्बोलिक साबुन एवं स्वच्छ जल से भली प्रकार धोएँ। एंटीसेप्टिक (प्रतिजर्म) के औषधि का लेप लगाएँ। अतिशीघ्र किसी चिकित्सक से परामर्श करें तथा प्रतिरेबीज़ टीका लगवाएँ।

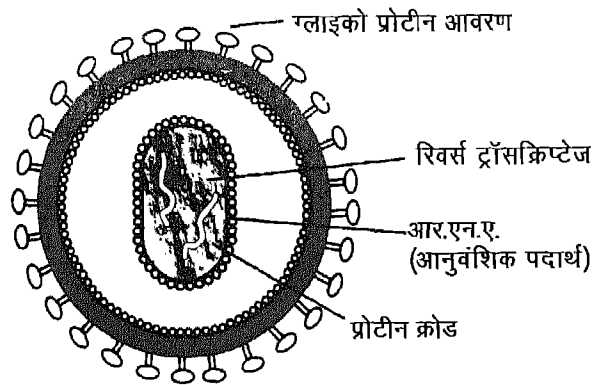
(ii) कुत्ते तथा बिल्ली का टीकाकरण अनिवार्य होना चाहिए। पालतू कुत्तों को प्रतिरेबीज़ का टीका लगवाकर प्रतिरक्षण कराना चाहिए।

(iii) रेबीज़ से संक्रमित जंतु अत्यधिक लार स्रावित करता है तथा काटने के बाद एकान्त ढूँढ़ता है। ऐसे जन्तु को मार डालना चाहिए।

(iv) पॉश्चर उपचार (लुइस पॉश्चर द्वारा खोजी गई विधि) द्वारा रेबीज का उपचार हो सकता है इसमें 14 टीके लगाए जाते हैं। आजकल कुत्ते के काटने से 0-3-7-14 तथा 30 वें दिन 5 प्रति रेबीज़ टीके लगाए जाते हैं।

**नियंत्रण** : अभी तक इसके नियंत्रण का कोई उपाय नहीं है।

### 17.1.5 एड्स

एड्स (Aquired Immuno Deficiency Syndrome-AIDS) एक घातक रोग है जिससे शरीर की प्रतिरक्षी क्षमता अत्यंत प्रभावित होती है। जून 1981 में अमरीका में सर्वप्रथम इसका पता चला। इस रोग का कारक HIV नामक रेट्रोवाइरस (Human Immuno-Deficiency Virus) है (चित्र 17.3)। संक्रमित व्यक्ति से स्वस्थ व्यक्ति में इस रोग का संक्रमण प्रायः यौन संबंधों, रुधिर आदान; संदूषित सूई, ब्लेड, उस्तरे तथा नाई द्वारा प्रयुक्त धार वाले अन्य उपकरणों द्वारा होता है। संक्रमित माँ से भ्रूण में भी इस रोग का संचरण हो जाता है।

*चित्र 17.3 : एड्स के विषाणु की संरचना।*

**लक्षण** : एड्स के प्रमुख लक्षण निम्नलिखित हैं :

(i) लसीका ग्रंथियों में सूजन।

(ii) रक्त पट्टिकाओं (blood pletelets) की संख्या में कमी जिससे ज्वर तथा रक्त स्राव हो जाता है।

(iii) रात्रि के समय पसीना आना तथा भार में कमी।

(iv) मस्तिष्क पर अत्यंत प्रतिकूल प्रभाव जिससे स्मृति ह्रास, बोलने में कठिनाई तथा सोचने की क्षमता भी प्रभावित होती है।

(v) प्रतिरोधी क्षमता के छिन्न-भिन्न होने से अन्य रोगों के संक्रमण का खतरा बढ़ जाता है।

**रोकथाम** : जनता को निम्नलिखित बातों के लिए शिक्षित करना :

(i) नाई की दूकान पर सभी के लिए एक ही उस्तरे का प्रयोग नहीं करना चाहिए।

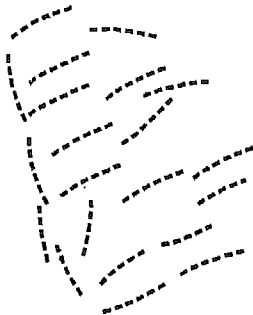
(ii) रक्तदान करने वाले व्यक्ति का HIV के लिए परीक्षण अवश्य करना चाहिए।

(iii) ऐसी सीरिंज तथा सूइयों का प्रयोग करना चाहिए जिन्हें उपयोग के बाद नष्ट कर दिया जाए।

(iv) अनजान व्यक्ति के साथ यौन संबंध न बनाएँ।

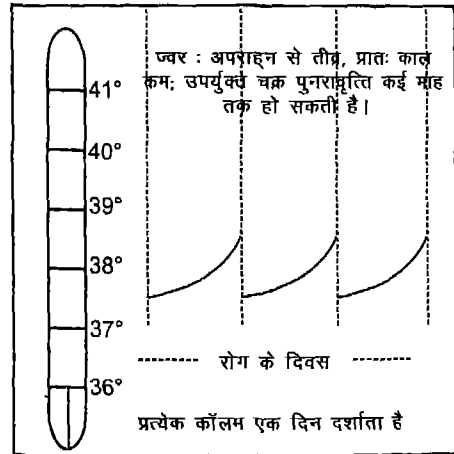
**नियंत्रण** : अभी तक AIDS का कोई प्रभावी उपचार नहीं है।

### 17.1.6 क्षय रोग

राबर्ट कॉच ने 1882 में क्षय रोग की खोज की। यह एक संक्रामक रोग है जो रोगी व्यक्ति से दूसरे तक सीधे संसर्ग अथवा परोक्ष रूप से फैलता है। यह पशुओं के संपर्क से भी फैलता है। *माइकोबैक्टीरियम ट्यूबरकुलोसिस* नामक जीवाणु इस रोग का कारक है। यह जीवाणु ट्यूबरकुलिन नामक विषैला पदार्थ (Toxin) स्रावित करता है। क्षय शरीर के किसी भी भाग को प्रभावित कर सकता है। रोगी मनुष्य के खाँसने, थूकने, बोलने तथा बलगम के साथ जीवाणु वायु में आ जाते हैं जो स्वस्थ व्यक्ति की श्वास के साथ उसके फेफड़ों में प्रवेश कर जाते हैं।

*चित्र 17.4 : माइक्रोबैक्टीरियम ट्यूबरकुलोसिस।*

**लक्षण** : रोगी थकावट तथा दुर्बलता का अनुभव करता है। भूख नहीं लगती तथा भार में कमी आती है। विशिष्ट ज्वर प्रारूप तथा रात्रि में पसीना आना सामान्य है (चित्र 17.5)। शरीर में प्रभावित अंग के अनुसार रोग के लक्षण में भिन्नता आ जाती है। यहाँ दो विशिष्ट अंगों के संक्रमण विषय में चर्चा की गई है :

(i) **फेफड़ों का (फुफ्फुसीय) क्षय रोग** : अनवरत खाँसी, तथा रक्तरंजित बलगम हर प्रकार के क्षय रोग के प्रमुख लक्षण हैं। शारीरिक दुर्बलता एवं भार में कमी, छाती में दर्द और साँस लेने में कठिनाई होना (दम घुटने का आभास) इस रोग के सामान्य लक्षण हैं।

(ii) **लसीका ग्रंथि का क्षय रोग** : प्रायः पैरों की लसीका ग्रंथि में सूजन तथा कोमलता होना, तथा लसीका ग्रंथियों में सूजन के कारण त्वचा का स्रावित होना इसके प्रमुख लक्षण हैं।

*चित्र 17.5 : प्रारूपिक ज्वर पैटर्न।*

**साँस लेने में कठिनाई, अनवरत खाँसी, रक्तरंजित बलगम।**

**छाती तथा पीठ के ऊपरी भाग में दर्द, वजन में कमी तथा कमजोरी।**

**अपराह्न में मन्द ज्वर, रात्रि में स्वेदन।**

*चित्र 17.6 : फुफ्फुसीय क्षय रोग के लक्षण।*

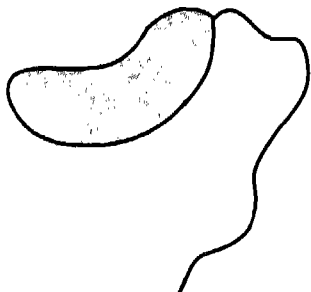
**रोकथाम**

(i) सघन लोक स्वास्थ्य अभियान रोकथाम का सर्वश्रेष्ठ उपाय है।

(ii) BCG के टीके द्वारा प्रतिरक्षीकरण। इस प्रक्रिया में ट्यूबरकुलोसिस बेसिलस के अल्पसक्रिय जीवाणु शरीर में प्रविष्ट कराए जाते हैं।

**नियंत्रण** : एंटी ट्यूबरकुलर चिकित्सा (ATT) द्वारा।

### 17.1.7 हैजा

यह एक अति तीव्र संक्रामक रोग है जो प्रायः मेलों में तथा बाढ़ के बाद फैलता है। कभी-कभी तो यह महामारी का रूप लेकर बहुत बड़े जन समुदाय में फैल जाता है। विब्रिओ कॉलरी नामक जीवाणु (चित्र.17.7) इस रोग का कारक है। इसका संचरण मक्खी, संदूषित जल तथा भोजन द्वारा होता है। स्वच्छता में कमी (जल-मल व्ययन व्यवस्था का क्षिन्न भिन्न होना) से यह रोग बहुत तेजी से फैलता है।

*चित्र 17.8 : विब्रियो कोलेरी।*

**लक्षण**

(i) जलीय दस्त जो सामान्यतया वेदनामुक्त होती है।

(ii) मितली (जुगुप्सा) न होने पर भी बिना मितली के प्रयासरत वमन।

(iii) कुछ ही घंटों में कई लीटर तरल की हानि, जिससे निर्जलीकरण, पेशीय ऐंठन तथा भार में कमी हो जाती है।

(iv) आँखें धँस जाती हैं।

**रोकथाम**

(i) हैजे के टीके द्वारा प्रतिरक्षीकरण। इसकी एक खुराक का प्रभाव लगभग छः मास तक रहता है।

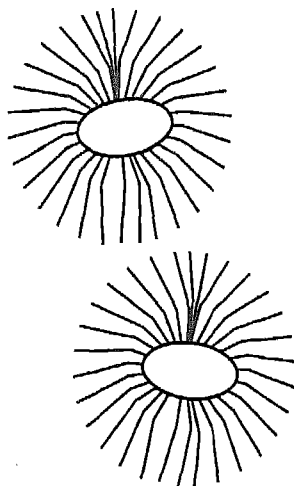
(ii) हैजा प्रभावित क्षेत्रों में उबला हुआ जल तथा पका हुआ भोजन ही करना चाहिए।

(iii) व्यक्तिगत एवं सामाजिक स्वच्छता के लिए विशेष प्रयास हैजा से बचाव के लिए आवश्यक हैं।

(iv) जीवन रक्षक घोल (सोडियम क्लोराइड –3.5g, सोडियम बाइकार्बोनेट –2.5g, पोटेशियम क्लोराइड –1.5g, ग्लूकोज –20g तथा चीनी –40g का 1 लीटर जल में विलयन) का अविलंब प्रयोग। थोड़े समय के अंतराल के साथ इस विलयन को पीते रहने से निर्जलीकरण रुक जाता है।

**नियंत्रण** : तुरंत चिकित्सक की सलाह लें।

### 17.1.8 टायफाइड

टायफाइड हमारे देश की सर्वव्यापी संचरणीय रोग है। 1-15 वर्ष के आयुवर्ग के बच्चों में यह रोग प्रायः होता है। यह मनुष्य का क्षुद्रांत्र में मिलने वाले *सालमोनेला टायफी* नामक जीवाणु से होता है चित्र (17.8)। घरेलू मक्खी के मल पर बैठने से रोगाणु उनके साथ चिपक कर हमारे खाद्य पदार्थों तक पहुँच जाते हैं जिसे खाने से रोग का संक्रमण हो जाता है।

*चित्र 17.8 : सालमोनेला टायफी।*

**लक्षण** : इस रोग के अभिलक्षण हैं :

(i) सरदर्द तथा टायफाइड ज्वर जो दोपहर बाद अपने चरम पर होता है। संक्रमण के प्रथम सप्ताह के प्रत्येक दिन शारीरिक ताप (ज्वर) में वृद्धि होती जाती है।

(ii) दूसरे सप्ताह में तेज ज्वर जो धीरे धीरे तीसरे तथा चौथे सप्ताह में कम होता है।

**रोकथाम**

(i) प्रभावशाली मल-व्ययन विसर्जन व्यवस्था तथा स्वच्छ वातावरण से संक्रमण रुक जाता है।

(ii) TAB-टीकाकरण से प्रतिरक्षण का प्रभाव 3 वर्षों तक रहता है।

(iii) पिलाने वाला टायफाइड निरोधक टीका।

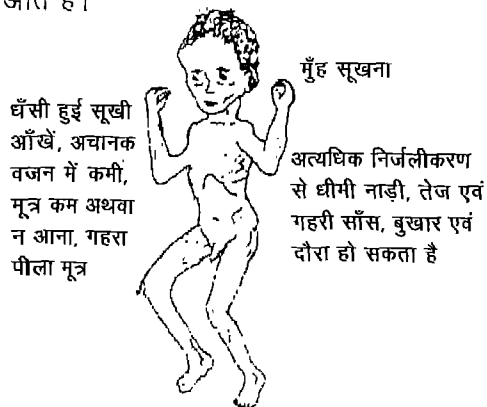
**नियंत्रण** : टायफाइड के उपचार के लिए कुछ मानक औषधियाँ प्रभावशाली हैं।

### 17.1.9 अतिसार

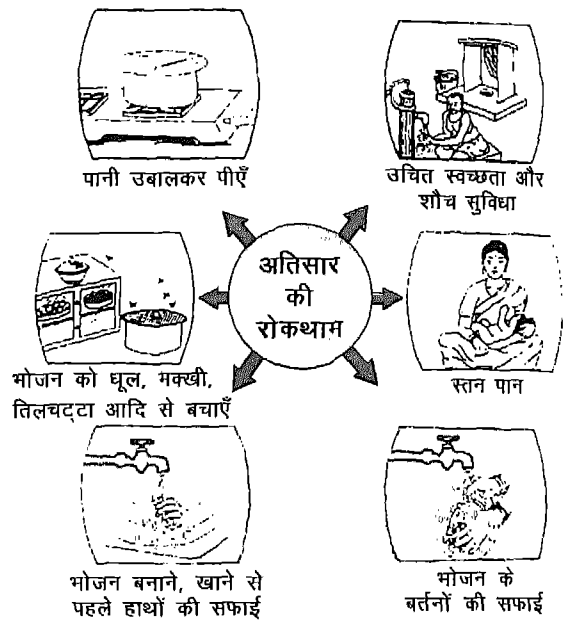
बार बार दस्त आना अतिसार कहलाता है। कुछ सूक्ष्म जीव यथा जीवाणु *(ई. कोलाई, शिगेला)*, प्रोटोजोआ तथा विषाणु इस रोग के कारक हैं।

**लक्षण** : इसके महत्त्वपूर्ण लक्षण हैः

(i) अत्यधिक दस्त तथा वमन के कारण निर्जलीकरण।

(ii) सामान्य रूप से निर्जलीकरण की अवस्था में रोगी चिड़चिड़ा हो जाता है, आँखें धँस जाती हैं, नाक सिकुड़ जाती है तथा जीभ और गालों का अंतः भाग सूख जाता है (चित्र 17.9)। शारीरिक भार में अचानक कमी, मंद नाड़ी, गहरी साँसें तथा ज्वर और दौरे आते हैं।

*चित्र 17.9 : जलीय अतिसार के लक्षण।*

**रोकथाम**

(i) संदूषण से बचाने के लिए खाद्य पदार्थों को हमेशा ढक कर रखना चाहिए। फल और सब्जियों को उपयोग से पहले भलीभांति धोना चाहिए (चित्र.17.10)।

*चित्र 17.10 : अतिसार की रोकथाम।*

(ii) उचित व्यक्तिगत स्वच्छता अत्यंत आवश्यक है। उदाहरणतः भोजन करने से पहले साबुन से हाथ धोएँ।

(iii) अधिक समय तक रखा भोजन नहीं करना चाहिए।

(iv) सामुदायिक स्वच्छता भी अत्यंत महत्त्वपूर्ण है।

**नियंत्रण**

(i) रोग के पूर्णरूपेण ठीक होने तक बिस्तर पर पूरा आराम।

(ii) यदि बार-बार वमन हो रहा हो तो इलेक्ट्रोलाइट के साथ अधिक मात्रा में तरल पिलाएँ। एक अच्छे जीवन रक्षक घोल को एक चम्मच चीनी तथा एक चुटकी नमक को 200 mL जल में घोल कर बनाया जा सकता है। इसे मुख द्वारा दिया जाने वाला पुनर्जलीकरण विलयन (ORS) कहते हैं। यह निर्जलीकरण से रक्षा करता है।

(iii) पेचिश के उपचार के लिए चिकित्सक की सलाहानुसार प्रतिसूक्ष्मजैविक दवाओं एवं प्रति-पेचिश दवाओं का प्रयोग करें।

(iv) कच्चे केले (बिना पके केले) के गूदे को उबाल कर नमक, हल्दी तथा नींबू डालकर खाने से पेचिश पर नियंत्रण पाया जा सकता है।

(v) इसबगोल के बीज की भूसी पानी अथवा दही के साथ लेने से आराम मिलता है।

**ऐंथ्रैक्स**

ऐंथ्रैक्स एक अत्यधिक संक्रामक रोग है जो *बेसीलस ऐंथ्रैकिस* नामक जीवाणु द्वारा होता है। सामान्यतः यह रोग जंगली एवं पालतू पशुओं जैसे कि गाय, भैंस, भेड़, बकरी में होता है। यदि कोई मनुष्य संक्रमित जन्तु के संपर्क में आता है तो वह संक्रमित हो सकता है। संक्रमित पशु का अधपका मांस खाने से भी ऐंथ्रैक्स का संक्रमण हो सकता है।

**लक्षण** : ऐंथ्रैक्स का संक्रमण तीन रूपों में हो सकता है: त्वचीय, प्रश्वास तथा जठरांत्रिय।

**त्वचीय** : बिना उपचार के लगभग 20 % की मृत्यु हो जाती है। त्वचीय रोगी बहुत कम होते है।

**प्रश्वास** : रोग के प्रारंभिक लक्षण सामान्य जुखाम के समान होते हैं जिससे श्वास की जटिल समस्या हो जाती है तथा अंततः मृत्यु हो जाती है।

**जठरांत्रिय ऐंथ्रैक्स** : बेचैनी, भूख न लगना, वमन, दर्द तथा खूनी-उल्टी इसके लक्षण हैं। लगभग 25% से 60% रोगियों की मृत्यु हो जाती है।

**रोकथाम** : ऐंथ्रैक्स का टीका सुरक्षा प्रदान करने में 93% प्रभावी है। चार अद्यः त्वचीय इंजेक्शन लगाने की संस्तुति की जाती है। टीके के हल्के विपरीत प्रभाव भी देखे गए हैं।

**नियंत्रण** : चिकित्सक प्रभावी प्रतिजैविक दे सकते हैं। प्रभावी उपचार के लिए प्रारंभ में ही चिकित्सा शुरू कर देनी चाहिए।

**प्रश्न**

1. असंचरणीय रोग की परिभाषा लिखिए।
2. निम्नलिखित रोगों के कारक जीव का नाम लिखिए– मलेरिया, रेबीज़, इंफ्लुएंजा, क्षय रोग तथा टायफाइड।
3. आप जीवन रक्षक घोल (पुनर्जलीकरण पेय विलयन) किस प्रकार तैयार करेंगे ?

## 17.2 पोषण विकार

प्रत्येक जीव को सामान्य वृद्धि एवं विकास के लिए पोषक पदार्थों की पर्याप्त मात्रा एवं उचित अनुपात में आवश्यकता होती है जो उसे आहार (भोजन) से प्राप्त होते हैं। यदि ये पर्याप्त मात्रा में नहीं हैं तो अनेक पोषण संबंधी विकार हो जाते हैं।

### प्रोटीन–ऊर्जा कुपोषण

प्रोटीन–ऊर्जा कुपोषण से दो प्रकार के रोग हो जाते है : *मरास्मस* और *क्वाशिओरकर*।

### 17.2.1 मरास्मस

यह एक प्रकार का प्रोटीन-ऊर्जा कुपोषण (PEM) है जिसमें प्रोटीन तथा आहार से प्राप्त संपूर्ण कैलोरी की हीनता होती है। यह विकार सामान्यतः 1 वर्ष से कम आयु के शिशुओं को अधिक प्रभावित करता है। इसका मुख्य कारण अल्पायु में ही माँ के दूध के स्थान पर अल्प प्रोटीन और कम कैलोरी वाले भोजन का देना है। जिसका कारण प्रायः कम अंतराल में ही माँ का पुनः गर्भधारण करना है।

*चित्र 17.11 : सूखा रोग।*

**लक्षण** : मरास्मस के मुख्य लक्षण निम्नलिखित हैं :

(i) शरीर की त्वचा का ढीली होकर लटक जाना (झुरियाँ पड़ना)। इसका मुख्य कारण भोजन में प्रोटीन ऊर्जा प्रदान करने वाले खाद्य पदार्थों की कमी जिसके कारण शरीर में संचयित वसा एवं प्रोटीन का उपयोग ऊर्जा प्राप्ति के लिए हो जाता है।

(ii) त्वचा के नीचे के वसीय स्तर के लुप्त हो जाने से पसलियाँ असामान्य रूप से दिखाई देने लगती हैं। त्वचा शुष्क और झुर्रीदार हो जाती है। हाथ और पैर अत्यधिक पतले हो जाते हैं।

(iii) शारीरिक एवं मानसिक विकास का मंद होना।

(iv) पाचन-विकार तथा बार-बार अतिसार होना।

**रोकथाम / नियंत्रण** : अधिकतर रोगी शिशुओं (बच्चों) को पर्याप्त मात्रा में प्रोटीनयुक्त आहार जैसे गेहूँ, चना, मूँगफली, सोयाबीन तथा गुड़ सम्मिश्रित अथवा दूध, अंडा, मांस, मुर्गा अथवा मछली आदि जंतु प्रोटीन देकर विकार-मुक्त किया जा सकता है।

### 17.2.2 क्वाशिओरकर

यह प्रोटीन की अत्यधिक हीनता से उत्पन्न विकार है। 1-3 वर्ष के बच्चे को जब प्रतिदिन के आहार में 1 ग्रा प्रोटीन / किग्रा शारीरिक वजन से भी कम मात्रा हो तब बच्चा इस रोग से पीड़ित हो जाता है।

*चित्र 17.12 : क्वाशिओरकर से पीड़ित बालक।*

**लक्षण** : प्रमुख लक्षण निम्नलिखित हैं :

(i) भोजन के प्रति अरुचि, भूख न लगना तथा बच्चे की वृद्धि रुक जाना।

(ii) पेट (उदर) बाहर की ओर निकल आता है।

(iii) चेहरे पर उभरी हुई आँखें।

(iv) पैर लंबे, पतले तथा मुड़े होते हैं (माचिस की तीली के समान पैर।

(v) बाल अपनी चमक खो देते हैं। त्वचा गहरे रंग की हो जाती है तथा चटक कर फटने लगती है।

**रोकथाम / नियंत्रण** : अधिकांश बच्चों को पर्याप्त मात्रा में प्रोटीनयुक्त आहार, जैसे–गेहूँ, चना, मूंगफली, सोयाबीन तथा गुड़ का सम्मिश्रण अथवा जंतु प्रोटीन के नियमित सेवन से इस रोग को ठीक किया जा सकता है।

### खनिजहीनता

खनिज पोषक वे तत्व हैं जिनकी अल्प मात्रा भोजन के साथ लेना स्वास्थ्य के लिए आवश्यक है। ये पोषक हमारे शरीर की उपापचय अभिक्रियाओं का विनियमन करते है।

### 17.2.3 अरक्तता (anaemia)

यह रोग शरीर में लोहे की हीनता के कारण होता है। लाल रुधिर कोशिकाओं में उपस्थित हीमोग्लोबिन नामक प्रोटीन के संश्लेषण के लिए लौह-तत्व की आवश्यकता होती है। इसलिए अरक्तता के रोगी के रुधिर में हीमोग्लोबिन (Hb) की प्रतिशत मात्रा बहुत कम हो जाती है। हीमोग्लोबिन का मुख्य कार्य फेफड़ों से शरीर के विभिन्न भागों (अंगों) तक ऑक्सीजन का परिवहन करना है।

**लक्षण** : अरक्तता से ग्रसित व्यक्ति पीला पड़ जाता है। उसकी भूख मर जाती है तथा वे जल्दी थक जाते हैं।

**रोकथाम / नियंत्रण** : कलेजी, अंडे, सीरा, अन्न, दालें पत्तेदार सब्जियाँ (पालक, बथुआ, चौलाई इत्यादि), सेब, केला, अमरूद इत्यादि में लौह तत्व की प्रचुरता होती है। इसलिए आहार में इन पदार्थों को शामिल करने से लोहे की आवश्यक मात्रा की आपूर्ति हो जाती है। लोहे की दैनिक आवश्यकता लगभग 25 mg है। भोजन में लौह युक्त सब्जियाँ तथा फल प्रतिदिन लेने से रोग पर नियंत्रण पाया जा सकता है।

### 17.2.4 गलगंड (घेंघा)

यह विकार आयोडीन की हीनता के कारण होता है। आयोडीन थॉयरॉयड नामक ग्रंथि द्वारा स्रावित थॉयरॉक्सिन हार्मोन के संश्लेषण के लिए आवश्यक है।

*चित्र 17.13 : आहार में आयोडीन की कमी से थॉयरॉयड विकृति घेंघा रोग से पीड़ित महिला।*

**लक्षण :** थॉयरॉइड ग्रंथि हमारी ग्रीवा में स्थित है। थॉयरॉयड हार्मोन के संश्लेषण के लिए आयोडीन की आवश्यकता होती है। आयोडीन की हीनता से थॉयरॉइड ग्रंथि का आकार असामान्य रूप से बढ़ जाता है जिसे गलगंड अथवा घेंघा कहते हैं (चित्र 17.13)। बाल्यावस्था में आयोडीन की हीनता से थॉयरॉइड की कार्य क्षमता कम हो जाने के परिणामस्वरूप शारीरिक तथा मानसिक वृद्धि में रुकावट आ जाती है।

**रोकथाम/नियंत्रण :** समुद्री खाद्य, पत्तीदार सब्जियाँ, जल तथा आयोडीनयुक्त नमक में आयोडीन प्रचुर मात्रा में होती है। भोजन में इन पदार्थों को शामिल करने में थॉयरॉइड पुनः सामान्य रूप से क्रियाशील हो जाती है। इसके अतिरिक्त आयोडीनयुक्त तेल (पॉपी के बीज का तेल) के आंतरपेशीय इंजेक्शन अथवा ICMR द्वारा विकसित सोडियम आयोडेट की गोली घेंघा-उपचार में प्रभावशाली सिद्ध हुए हैं। ICMR के वैज्ञानिक लोहा तथा आयोडीनयुक्त नमक विकसित करने का प्रयास कर रहे हैं।

### विटामिनहीनता

विटामिन ऐसे कार्बनिक पदार्थ हैं जिन्हें भोजन के साथ अत्यल्प मात्रा (μg या mg प्रतिदिन) में लेना आवश्यक है। ये विशिष्ट उपापचय क्रियाओं के लिए महत्त्वपूर्ण हैं। लंबी अवधि तक इन पदार्थों के आहार में अभाव से विटामिनहीनता-विकार हो जाता है।

विलेयता के आधार पर विटामिन दो वर्गों में बाँटे गए हैं।

(i) वसा में विलेय विटामिन : विटामिन A, D, E तथा K।

(ii) जल में विलेय विटामिन : B-कॉम्प्लेक्स तथा C।

विटामिनहीनता जन्य विकार के बारे में नीचे चर्चा की गई है।

### (i) वसा में विलेय विटामिन A तथा D के अभाव जनित रोग

### 17.2.5 जीरोप्थैल्मिया (Xerophthalmia)

यह रोग भोजन में विटामिन-A की हीनता से होता है।

**लक्षण :** मंद प्रकाश में स्पष्ट न देख पाना "रतौंधी" कहलाता है। फिर भी यदि आहार में विटामिन-A नहीं दिया गया तो व्यक्ति स्थाई रूप से अंधा हो सकता है। वास्तव में अश्रु ग्रंथि का निष्क्रिय होना, शुष्कता, नेत्र-श्लेष्मला (कंजंक्टाइवा) तथा कार्निया का किरेटिनयुक्त होना, विटामिन-A की हीनता के विशेष लक्षण हैं।

**रोकथाम/नियंत्रण :** जंतु स्रोत जैसे मछली, कॉड मछली के लिवर तेल, दूध, मक्खन इत्यादि तथा पादप स्रोत जैसे गाजर, टमाटर, पत्तेदार हरी सब्जियाँ, पपीता, अमरूद, पीले फल तथा सब्जियाँ (कद्दू/सीताफल) जैसे अनुपूरक आहार जिसमें विटामिन-A की प्रचुरता हो, के सेवन से रोग का शीघ्र ही नियंत्रण हो सकता है।

### 17.2.6 रिकेट्स

यह रोग विटामिन-D की हीनता से होता है। हमारी त्वचा में सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में विटामिन-D का संश्लेषण होता है।

*चित्र 17.14 : विटामिन - D की कमी से टाँगों में विकृति : रिकेट।*

**लक्षण** : विटामिन-D के अभाव में कैल्शियम आयन $Ca^{++}$ के मूत्र के साथ विसर्जन से अत्यधिक हानि होती है जिसके फलस्वरूप अस्थियों में $Ca^{++}$ जमा नहीं हो पाता। इस कारण बच्चों में रिकेट्स तथा वयस्कों में ओस्टियोमेलेसिया नामक रोग हो जाता है।

धनुषाकार टाँगें तथा घुटने का परस्पर टकराना विटामिन-D की हीनता के लक्षण हैं। इस कारण बच्चे को चलने फिरने में कठिनाई होती है। पसलियों में आकार परिवर्तन से बच्चे का वक्ष कबूतरनुमा हो जाता है (चित्र 17.14)।

**रोकथाम/नियंत्रण** : कॉड लिवर तेल, मछली, दूध, अंडे की जर्दी (पीतक) संवर्धित आहार में विटामिन-D प्रचुरता में उपलब्ध है, इन पदार्थों के उपयोग से रोग का रोकथाम अथवा नियंत्रण किया जा सकता है।

**(ii) जल में विलेय विटामिन $B_1$, $B_5$ तथा C के हीनता जन्य विकार**

### 17.2.7 बेरी-बेरी

यह रोग विटामिन-$B_1$ की कमी से होता है। इस विटामिन को प्रति-बेरी-बेरी अथवा विक्षिप्तता रोधी कारक (Antineuretic factor) भी कहते हैं। बेरी-बेरी का प्रकोप उन क्षेत्रों में अधिक व्यापक है जहाँ पालिश किया (भूसा निकाला) हुआ चावल प्रमुख आहार है।

**लक्षण** : पेशीय विकार, हृदय के आकार में वृद्धि, पाचन संबंधी विकार (अपच-विकार), स्नायु विकार तथा बहुतंत्रिकाशोथ इत्यादि विकार इस रोग के प्रमुख लक्षण हैं।

**रोकथाम/नियंत्रण** : साबुत अन्न के दानों, दालें, मूँगफली तथा पत्तेदार हरी सब्जियों में विटामिन-$B_1$ प्रचुर मात्रा में होता है। जंतुओं से प्राप्त खाद्य पदार्थों जैसे यकृत, वृक्क, दूध तथा अंडे की जर्दी में भी विटामिन-$B_1$ उपलब्ध है। इन खाद्य पदार्थों से संवर्धित आहार से इस रोग की रोकथाम एवं नियंत्रण हो सकता है। चोकरयुक्त आटे की रोटी तथा दलिया विटामिन-$B_1$ के सर्वोत्तम स्रोत हैं।

### 17.2.8 पेलाग्रा

यह रोग विटामिन $B_7$ की हीनता से होता है। इस विटामिन को नाइसिन/निकोटिनिक अम्ल अथवा पेलाग्रा नियंत्रक कारक भी कहते हैं। पेलाग्रा आमतौर पर उन क्षेत्रों में पाया जाता है जहाँ मक्का प्रमुख आहार है। मक्का शरीर में नाइसिन के अवशोषण में बाधक है जिसके कारण इसकी हीनता हो जाती है।

**लक्षण** : पेलाग्रा से त्वचीय विकार जैसे कि त्वग्विकार (Dermetitis), त्वचा में जलन, छाजन (एग्जिमा), मानसिक अद्यः पतन (स्मृति विकार), अतिसार इत्यादि पेलिग्रा के प्रमुख लक्षण हैं। अत्यधिक अतिसार के कारण यह कभी-कभी घातक भी हो सकता है। इन चार लक्षणों के कारण, इसे 4-D-सिंड्रोम भी कहा जाता है।

**रोकथाम/नियंत्रण** : अन्न का चोकर (भूसी), मटर, बीन (सेम), हरी पत्तेदार सब्जियाँ, कॉफी जैसे पादप स्रोत तथा जंतुओं के स्रोत से प्राप्त यकृत, मछली, दूध, अंडे का पीतक इत्यादि से संवर्धित आहार के सेवन से पेलाग्रा से बचाव तथा नियंत्रण हो जाता है।

### 17.2.9 स्कर्वी

यह रोग विटामिन-C की हीनता से उत्पन्न होता है। इस विटामिन को एस्कार्बिक अम्ल अथवा एंटीस्कारब्यूटिक अम्ल भी कहते हैं।

**लक्षण** : मसूड़ों में सूजन तथा खून का आना, पेशियों तथा जोड़ों में दर्द के साथ सामान्य दुर्बलता, थकावट, शारीरिक भार में कमी तथा घाव के मंद गति से भरना इस रोग के प्रमुख लक्षण हैं।

**रोकथाम/नियंत्रण** : निम्नलिखित पादप खाद्य पदार्थों से संवर्धित आहारः नींबू, संतरा, नारंगी, अनन्नास, अंगूर, पालक तथा अन्य पत्तेदार हरी सब्जी, हरी मिर्च में विटामिन-C प्रचुरता में उपलब्ध होता है। अतः इन खाद्य पदार्थों के सेवन से इस रोग से बचाव तथा नियंत्रण हो सकता है। विटामिन-C की गोलियों के सेवन से स्कर्वी का उपचार हो जाता है परंतु उपचार के उपरांत भी पर्याप्त मात्रा में विटामिन-C लेना आवश्यक है।

**क्रियाकलाप 1** : नीचे दी गई सारणी के अनुसार विभिन्न संचरणीय रोगों का सारणीबद्ध विवरण दें।

| *रोग* | *रोग कारक* | *रोगवाहक अथवा रोग फैलाने वाले* | *लक्षण* | *रोकथाम तथा नियंत्रण* |
|---|---|---|---|---|
| 1. मलेरिया | | | | |
| 2. पीलिया (हीपेटाइटिस) | | | | |
| 3. हैजा | | | | |
| 4. क्षय रोग | | | | |

**क्रियाकलाप 2:** निम्न सारणी में प्रोटीन, खनिज एवं विटामिन की हीनताजन्य असंचरणीय रोगों का विवरण भरिए।

| *पोषक प्रकार* (प्रोटीन/खनिज/ विटामिन) | *प्रमुख स्रोत* | *अनुमोदित दैनिक आवश्यकता* | *प्रकार्य* | *हीनता जन्य रोग एवं लक्षण* |
|---|---|---|---|---|
| 1. प्रोटीन<br>2. खनिज<br>3. विटामिन<br>(i) वसा में विलेय विटामिन<br>(ii) जल में विलेय विटामिन | | | | |

**प्रश्न**

1. हीनताजन्य रोग किसे कहते हैं ?
2. तीन प्रकार के हीनताजन्य रोगों के नाम लिखिए।
3. विटामिन –A, $B_5$, C तथा D की हीनता से होने वाले रोगों के नाम लिखिए।
4. PEM का पूरा नाम क्या है ?

## आपने क्या सीखा

- शारीरिक विकार अर्थात् शारीरिक क्रियाओं का सही ढंग से कार्य न करना रोग कहलाता है।
- रोग के दो प्रकार है (i) संचरणीय तथा (ii) असंचरणीय।
- संचरणीय रोगों के कारक हैं प्रोटोजोआ, विषाणु अथवा जीवाणु। इनमें से किसी एक का अथवा अनेक कारकों का मिश्रित संक्रमण हो सकता है।
- असंचरणीय रोग प्रोटीन, खनिज (लोहा, आयोडीन इत्यादि) तथा विटामिन (वसा विलेय विटामिन A, D तथा जल विलेय विटामिन $B_1$, $B_5$ तथा विटामिन C इत्यादि) के अभाव से होते हैं।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. संचरणीय तथा असंचरणीय रोगों में अंतर करिए।
2. मलेरिया के कारक, संवाहक, लक्षण तथा नियंत्रण के उपायों का विवरण लिखिए।
3. विषाणुजनित तीन रोगों के नाम लिखिए तथा किसी एक का पूर्ण विवरण भी लिखिए।
4. किस रोग के विरुद्ध BCG टीके का प्रयोग किया जाता है ?
5. BCG का पूरा नाम लिखिए।
6. घेंघा किस खनिज की हीनता से होता है ?
7. वसा में विलेय उस विटामिन का नाम लिखिए जिसे सौर विटामिन भी कहते हैं।
8. विटामिन C, $B_1$, $B_5$ तथा D में से कौन-से विटामिन वसा में विलेय हैं ?
9. बेरी-बेरी एक हीनता जन्य रोग है। किस विटामिन की कमी से यह होता है ?
10. अगर भोजन में विटामिन C की कमी हो तो इससे कौन-सी बीमारी होगी ?

अध्याय

# हमारे प्राकृतिक संसाधन
# (Our Natural Resources)

हमारे जीवन की मूलभूत आवश्यकताओं की पूर्ति प्रकृति में पाई जाने वाली वस्तुओं से होती है। जैसे हवा, जल, मिट्टी, खनिज कोयला, पेट्रोलियम, जंतु एवं वनस्पतियाँ। प्रकृति के इस भंडार को जो मानव जीवन के लिए सर्वदा उपयोगी है, प्राकृतिक संसाधन कहते हैं। इन संसाधनों का उपयोग हम इच्छानुसार विभिन्न आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए करते हैं। हमारे पूर्वज सिर्फ उन्हीं संसाधनों का उपयोग करते थे जो उनके जीवन के लिए अति आवश्यक था। आज, बढ़ती जनसंख्या, औद्योगीकरण एवं शहरीकरण के फलस्वरूप हम प्राकृतिक संसाधनों का अधिक से अधिक दोहन करने लगे हैं।

## 18.1 प्राकृतिक संसाधनों के प्रकार

प्राकृतिक संसाधनों को दो प्रकारों में विभाजित किया गया है।

**(a) अक्षय प्राकृतिक संसाधन :** ये संसाधन प्रकृति में असीमित मात्रा में उपलब्ध हैं तथा लगातार मानव उपभोग के योग्य हैं। उदाहरण के लिए सूर्य की किरणें, वायु तथा जल।

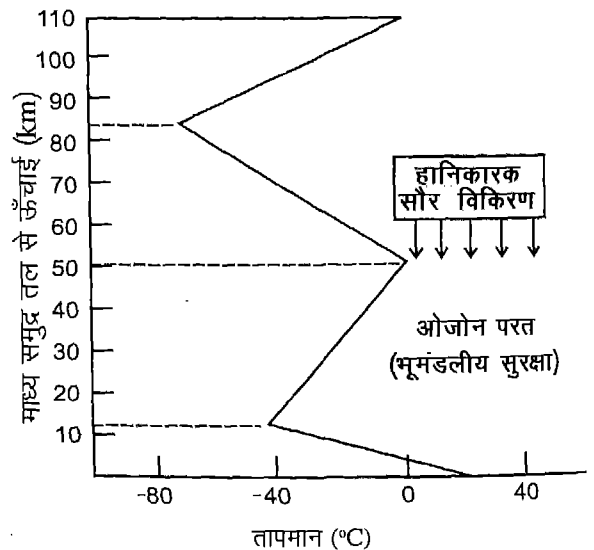
**(b) क्षय योग्य प्राकृतिक संसाधन :** इन प्राकृतिक संसाधनों का भंडार सीमित है। लगातार उपयोग के कारण इनकी मात्रा कम होती रहती है। इनके उदाहरण हैं – खनिज, कोयला, पेट्रोलियम, जंतु एवं वनस्पतियाँ।

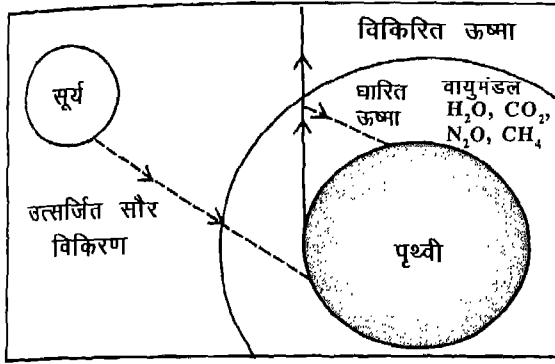
### 18.1.1 वायु

यह निरंतर विद्यमान रहने वाला प्राकृतिक संसाधन है जो सभी जीवधारियों को जीवित रहने के लिए अत्यंत आवश्यक है। वायु विभिन्न गैसों का मिश्रण है जिसमें नाइट्रोजन 78 % और ऑक्सीजन 21 % है । कार्बन डाइऑक्साइड, अमोनिया, ओजोन और उत्कृष्ट गैसें (हीलियम, ऑर्गन आदि) वायु के आयतन की दृष्टि से 1 % पाई जाती हैं।

पृथ्वी की सतह से ऊपर उपस्थित वायु को वायुमंडल कहते हैं। पृथ्वी की सतह से विभिन्न ऊचाइयों पर वायुमंडल में वायु का घनत्व भिन्न-भिन्न होता है।

इस दृष्टिकोण से वायुमंडल को विभिन्न भागों में बाँटा गया है। (चित्र 18.1) हम श्वसन के लिए जो वायु ग्रहण करते हैं, वह वायुमंडल के प्रथम भाग में उपस्थित है। यह पृथ्वी की सतह से 10 से 12 km की ऊँचाई तक सीमित है। जिसे **ट्रोपोस्फीयर** कहते हैं। ट्रोपोस्फीयर में पाई जाने वाली कार्बन डाइऑक्साइड तथा अन्य गैसें भूतलीय वायुमंडल को गर्म रखती हैं (चित्र 18.2)। ट्रोपोस्फीयर के ऊपर स्ट्रेटोस्फीयर है जहाँ पर ओजोन गैस की परत पाई जाती है। ओजोन गैस की यह परत बहुत से हानिकारक सौर विकिरण जैसे पराबैंगनी (यू.वी) किरणों को अवशोषित करके हमारे जीवन की रक्षा करती है। पराबैंगनी विकिरण के दुष्प्रभाव से मोतियाबिंद, जलन, कैंसर जैसे गंभीर रोग होते हैं।

ऐसा आकलन है कि एक व्यक्ति को प्रतिदिन की आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए औसतन 250 से 265 kg वायु की आवश्यकता होती है। जंतुओं एवं वनस्पतियों के

*चित्र 18.1 : भूमंडल के ऊपर वायुमंडल के चार भागों को बिन्दु रेखा द्वारा दर्शाया गया है। ऑक्सीजन केवल ट्रोपोस्फीयर में पाई जाती है। स्ट्रेटोस्फीयर में पाई जाने वाली ओजोन की परत हानिकारक सौर विकिरण से हमारी रक्षा करती है। ठोस रेखा विभिन्न ऊँचाइयों पर परिवर्तित तापमान को दर्शाती है।*

जीवन तथा प्रवर्धन के लिए और संचार माध्यम के लिए भी वायु अति आवश्यक है।

*चित्र 18.2 : ग्रीन हाउस प्रभाव। सौर विकिरण पृथ्वी के वायुमंडल में आसानी से बेधन कर जाती है। (उत्सर्जित सौर विकिरण)। कार्बन डाइऑक्साइड तथा अन्य वायुमंडलीय गैसें सम्पूर्ण विकिरणों को वापिस जाने से रोकती हैं जिससे पृथ्वी के ऊपरी सतह का वायुमंडल गर्म रहता है।*

### 18.1.2 जल

जीवन के लिए जल अत्यंत आवश्यक है। सभी जैविक क्रियाओं के लिए यह महत्त्वपूर्ण माध्यम है तथा जल एक सार्वभौमिक विलायक है। जल का महत्त्वपूर्ण गुण यह है कि जल का घनत्व जीव द्रव्य के समान होता है। जल एक प्रमुख प्राकृतिक संसाधन, मानवीय मूलभूत आवश्यकता तथा बहुमूल्य राष्ट्रीय धरोहर है। हमारे देश में भूपृष्ठ तथा भूमिगत दोनों प्रकार के जल का भंडार है। भारत में लंबी समुद्रीतट रेखा के साथ-साथ नदियां, झरने, तालाब आदि समृद्ध जल स्रोत हैं। अनुमानतः हमारे देश में कुल जल संसाधन नदियों में 1869 $km^3$ तथा भूमिगत जल 432 $km^3$ है। हम अपनी बहुत-सी आवश्यकताएँ जैसे कि पीने का पानी, खाना पकाने, सफाई, आवागमन, कृषि, जलविद्युत आदि के लिए जल पर निर्भर हैं। हमें प्राप्त होने वाला भूपृष्ठ तथा भूमिगत जल वर्षा और बर्फ के पिघलने से प्राप्त होता है जो कि जलचक्र प्रक्रम का एक अंग है। हमारे देश के विभिन्न क्षेत्रों में वर्षा अलग-अलग मात्रा में होती है। वर्षा के वार्षिक अनुपात के आधार पर हमारे चार प्रमुख क्षेत्र हैं :

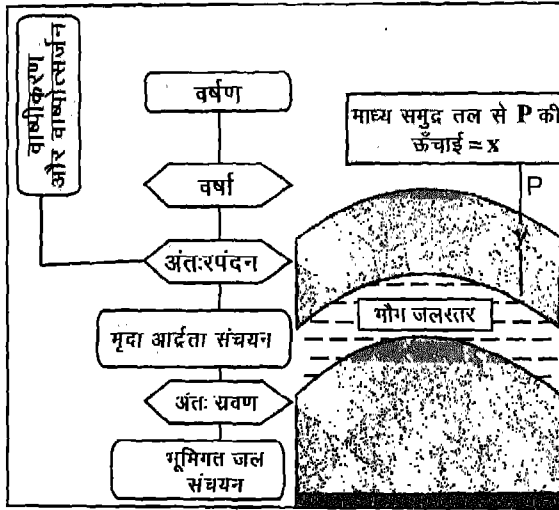
1. आर्द्र क्षेत्र : इस क्षेत्र में बहुत अधिक वर्षा होती है (200 cm से ज्यादा)।
2. मध्यम आर्द्र क्षेत्र : यहाँ पर्याप्त वर्षा होती है (100 से 200 cm)।
3. आंशिक शुष्क क्षेत्र : यहाँ पर साधारण वर्षा होती है (50 से 100 cm)।
4. शुष्क क्षेत्र : यहाँ पर वार्षिक वर्षा बहुत कम होती है (20 से 50 cm)।

भूमिपृष्ठ के नीचे चट्टानों के रिक्त स्थान से जो जल रिस जाता है उसे भूमिगत जल कहते है। वह क्षेत्र जिसमे छिद्रित चट्टानें पूर्ण रूप से जलयुक्त हो जाती हैं उसे **संतृप्त क्षेत्र** (zone of saturation) कहा जाता है। संतृप्त क्षेत्र के ऊपरी तल को भौम जलस्तर (water table) कहते हैं (चित्र 18.3)। भौम जलस्तर का मापन माध्य समुद्र तल से उस स्थान की ऊँचाई के संदर्भ से की जाती है। भूमि तल से भौम जलस्तर की वास्तविक ऊर्ध्व दूरी को जलतल (water level) कहते हैं। झरनों, स्थाई नदियों, झीलों आदि में भौम जलस्तर सतह तक आ जाता है जबकि शुष्क क्षेत्रों तथा ऊँचाई वाले स्थानों पर जलस्तर अधिक गहराई तक पाया जाता है। भूमिगत जल का उपयोग पौधों की वृद्धि के लिए मिट्टी को नमी प्रदान करने में तथा मानवीय उपभोग में होता है ।

### 18.1.3 मिट्टी

मिट्टी एक अन्य महत्त्वपूर्ण प्राकृतिक संसाधन है जो हमारे जीवन तथा विकास के लिए आवश्यक है। हमारी मुख्य आवश्यकताएँ जैसे भोजन, कपड़ा तथा आवास मिट्टी में उगने वाले पौधों से या इन पौधों पर आश्रित रहने वाले जंतुओं से पूरी होती हैं। मिट्टी पृथ्वी की ऊपरी परत है, जिसका निर्माण चट्टानों के विघटन से होता है। भौतिक तथा जैविक घटकों के बीच जो क्रियाएँ होती हैं उन्हीं के द्वारा ही मिट्टी का निर्माण होता है। मिट्टी केवल रासायनिक तत्वों का समूह ही नहीं है बल्कि इसमें जैविक घटक भी सम्मिलित हैं।

भौतिक स्वरूप तथा संरचना के आधार पर हमारे देश में छह मुख्य प्रकार की मिट्टियाँ पाई जाती हैं :

1. जलोढ़ मृदा (अल्यूवियल मिट्टी) – यह चिकनी एवं दुमट मिट्टी से समृद्ध होती है।
2. काली मिट्टी–इसमें मुख्यतः चिकनी मिट्टी होती है।
3. लाल मिट्टी–यह मुख्यतः रेतीली और दुमट होती है।
4. पर्वतीय मिट्टी–यह रेतीली तथा पथरीली होती है।

*चित्र 18.3 : जलीय चक्र दर्शाता आरेख एवं भूमिगत जल संचयन जिसमें भौम जलस्तर तथा संतृप्त क्षेत्र दर्शाया गया है। धरातल पर स्थान P से भौम जल स्तर की ऊर्ध्व दूरी (गहराई) Y को जलतल कहते हैं। एक स्थान (P) का भौम जलस्तर X-Y व्यक्त किया गया है। जहाँ Y स्थान P की माध्य समुद्र तल से ऊँचाई है।*

5. मरुस्थलीय मिट्टी – इसमें रेत अधिक होती है तथा कार्बनिक अवयव कम होता है।
6. लैटेराइट मिट्टी – यह छिद्रित चिकनी मिट्टी है जिसमें आयरन तथा ऐलुमिनियम हाइड्रॉक्साइड अधिकता में होता है।

पौधों की वृद्धि के लिए आवश्यक अकार्बनिक तथा कार्बनिक पदार्थों की उपस्थिति मिट्टी के उपजाऊपन का निर्धारण करती है। जब लगातार एक ही प्रकार की फसलें उगाई जाती हैं तो मिट्टी के ऊपरी सतह की क्षति होती है जिससे मिट्टी की उर्वरकता कम होती है। तीव्र पवन तथा अत्यधिक वर्षा के कारण होने वाले मृदा अपरदन से भी मिट्टी की उर्वरा-शक्ति में कमी आती है। प्रकृति में मिट्टी का पुनः निर्माण होता रहता है तथा यह अपनी उर्वरा-शक्ति फिर से प्राप्त कर लेती है। यह प्रकिया प्राकृतिक रूप से तथा मानवीय प्रयासों से होती है। इसीलिए मिट्टी को नवीकरणीय संसाधनों की श्रेणी में रखा जाता है।

#### क्रियाकलाप 1

अपने घर में प्रतिदिन उपयोग होने वाले पानी की मात्रा का आकलन कीजिए। प्रतिदिन अपने शहर/गाँव में उपयोग होने वाले जल की मात्रा ज्ञात कीजिए। घरेलू उपयोग के अलावा जल के प्रमुख उपयोग कौन-कौन से हैं। कृषि /उद्योगों तथा घरेलू उपयोग में आने वाले जल की मात्रा की तुलना कीजिए।

#### क्रियाकलाप 2

मैदान में एक गड्ढा खोदिए जो वर्षा के जल से भर सके। उस गहराई का आकलन कीजिए जहाँ तक यह गड्ढा जल से भरता है, यह जल का स्तर दर्शाता है। यह स्तर आंतरिक चट्टानों के स्वरूप तथा वर्षा की मात्रा के अनुसार घटता या बढ़ता है।

### 8.1.4 खनिज संसाधन

हमारे देश में धातुओं तथा खनिजों का भूमिगत संग्रह सीमित है। कोयला, पेट्रोलियम, लोहा, ताँबा, सोना, चाँदी आदि मनुष्य के लिए मूल्यवान संसाधन हैं। कोयला तथा पेट्रोलियम हमारे लिए ऊर्जा के स्रोत रहे हैं। (इसे आप अगले अध्याय में पढ़ेंगे)। इनका उपयोग परिवहन, कृषि तथा औद्योगिक कार्यों में होता है। धातु, अधातु, खनिज ईंधन, स्नेहक आदि अनवीकरणीय संसाधन हैं। आदि मानव इन खनिजों का उपयोग औजार और आभूषण आदि बनाने में करता था। बाद में इन खनिजों का उपयोग मानव ऊष्मा तथा ऊर्जा के स्रोत के रूप में करने लगा। आज तकनीकी विकास के युग में इनका उपयोग बहुत से कार्यों में हो रहा है, जैसे– चिकित्सा, अंतरिक्ष, विलासिता एवं श्रम बचत साधन, भवन-निर्माण, वैज्ञानिक अनुसंधान तथा राष्ट्रीय सुरक्षा इत्यादि। यूरेनियम एवं थोरियम धातुओं की नाभिकीय अभिक्रियाओं से परमाणु ऊर्जा या नाभिकीय ऊर्जा का उत्पादन होता है। खनिज संसाधन राष्ट्र की आर्थिक स्थिति सुधारने में अहम् भूमिका प्रदान करते हैं। खनन कार्य एवं संबंधित उद्योगों से लाखों लोगों को रोजगार का अवसर प्राप्त होता है।

### 18.1.5 ऊर्जा

कोयला, पेट्रोलियम प्राकृतिक गैस, जलशक्ति, सौर विकिरण, वायु तथा नाभिकीय शक्ति ऊर्जा के प्रमुख स्रोत हैं। ऊर्जा के इन स्रोतों को दो श्रेणियों में बाँटा गया है :

(a) अनवीकरणीय या पारंपरिक साधन
(b) नवीकरणीय या गैर.पारंपरिक साधन

जीवाष्म ईंधन जैसे कोयला तथा पैट्रोलियम सीमित मात्रा में हैं तथा इन्हें समाप्त होने के बाद पुनः प्राप्त नहीं किया जा सकता है। इन्हें अनवीकरणीय या पारंपरिक ऊर्जा साधन कहते हैं (इसकी व्याख्या अगले अध्याय में की गई है)। भारत में विभिन्न संसाधनों से ऊर्जा पैदा करने की क्षमता है। हमारे देश की कुल विद्युत क्षमता 1947 से मार्च 2000 तक 1,400 मेगावाट (MW) से 97,800 मेगावाट तक बढ़ गई है।

**सारणी 18.1 : भारत में विद्युत का उत्पादन।**

| *स्रोत* | *विद्युत उत्पादन* (MW) |
|---|---|
| ऊष्मीय शक्ति | 70,200 |
| जलीय शक्ति | 23,800 |
| नाभिकीय शक्ति | 2,700 |
| वायु (पवन, हवा) शक्ति | 1,150 |
| जैवमात्रा शक्ति | 256 |

सौर विकिरण, हवा, जलशक्ति, जैवमात्रा तथा नाभिकीय शक्ति आदि नवीकरणीय ऊर्जा के मुख्य संसाधन हैं। ये ऊर्जा के प्रदूषणमुक्त स्रोत हैं। प्रकृति में इन साधनों का नवीकरण अथवा पुनश्चक्रण होता रहता है। भारत में गैर.पारंपरिक ऊर्जा स्रोतों से चलने वाले अनेक उपयोगी संयंत्र विकसित किए गए हैं। सारणी 18.2 में इन संयंत्रों की संख्या को दर्शाया गया है।

**सारणी 18.2 : नवीकरणीय ऊर्जा साधन।**

| *संयंत्र* | *संख्या* |
|---|---|
| जैविक गैस संयंत्र | 30,00,000 |
| सौर कुकर | 4,90,000 |
| सौर पंप | 3,400 |
| वायु पंप | 637 |

सौर ऊर्जा, गैर.पारंपरिक ऊर्जा का एक बड़ा एवं उत्तम स्रोत है। भारत में 250 से 300 दिनों तक सौर ऊर्जा को विद्युतीय तथा ऊष्मीय ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है। यह परिवर्तन सौर-ऊष्मीय तथा प्रकाशवोल्टीय पथ द्वारा होता है। सौर ऊर्जा का उपयोग अनेक संयंत्रों, जैसे– सोलर कुकर, सौर हीटर, सौर ड्रायर तथा सौर सैल इत्यादि के लिए होता है। इन संयंत्रों का उपयोग बहुत सफल रहा है। ये सामुदायिक प्रकाश, पंप चलाने, कृषि तथा पीने योग्य जल प्राप्त करने में विशेष रूप से उपयोगी हैं।

जलशक्ति, ऊष्मीय शक्ति के बाद ऊर्जा का सबसे बड़ा स्रोत है। वर्तमान में जलविद्युत का उत्पादन हमारे देश में 23,800 मेगावाट है। जलविद्युत के निर्माण के लिए पानी बहाव को बाँध बनाकर रोक लिया जाता है। बाँध से पानी के उच्च दाब के साथ जल सुरंगों में बहने दिया जाता है। इन सुरंगों में लगे टरबाइन एवं जनरेटर द्वारा जल की स्थितिज ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है।

पवन ऊर्जा आज के तकनीकी विकास की महत्त्वपूर्ण देन है। पवन ऊर्जा को भी यांत्रिक तथा विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है। समुद्री क्षेत्रों में जहाँ हवाएँ तेज चलती हैं, पवन ऊर्जा प्राप्त करना सुलभ होता है। गुजरात में कच्छ एवं ओखा, उड़ीसा में पुरी तथा तमिलनाडु के ट्यूटीकोरिन में वायु टरबाइन स्थापित हैं जिनसे विद्युत पैदा की जा रही है। भारत में पवन ऊर्जा से 1000 मेगावाट से भी अधिक विद्युत प्राप्त की जाती है।

अब हमारे देश में ज्वार.शक्ति का प्रयोग भी विद्युत ऊर्जा उत्पादन में हो रहा है। गैर.पारंपरिक ऊर्जा साधन की दिशा में सरकार ने कई महत्त्वपूर्ण योजनाएँ तैयार की हैं। इससे सागरीय ताप ऊर्जा (ओसेन थर्मल इनर्जी कनवर्जन, ओ.टी.ई.सी.) एवं तरंगीय ऊर्जा का उपयोग भी महत्त्वपूर्ण सिद्ध हुआ है।

**क्रियाकलाप :** अपने शहर/गाँव में उपयोग हो रहे विभिन्न गैर.परंपरागत ऊर्जा संसाधनों/संयंत्रों का पता लगाइए। इनकी संख्या तथा उपयोग को नीचे दर्शाए गए तरीके से सारणीबद्ध कीजिए।

| *संसाधन/संयत्र के प्रकार* | *संख्या* | *उपयोग* |
|---|---|---|
| सौर ऊर्जा | 5 | खाना पकाना, प्रकाश, ऊष्मा प्राप्त करना |

### 18.1.6 प्राणिजात एवं वनस्पतिजात (फॉना एवं फ्लोरा)

फ्लोरा शब्द का प्रयोग पौधों तथा फॉना का प्रयोग जंतुओं की विभिन्न जातियों के लिए किया जाता है। इसमें प्रकृति में पाए जाने वाले सभी प्रकार के जंगली एवं पालतू जंतुओं तथा पौधों को शामिल किया जाता है।

**ऊर्जा प्राप्त करने की नवीन तकनीक**

हमारी राष्ट्रीय प्रयोगशालाएँ तथा औद्योगिक संस्थान नए गैर-परंपरागत ऊर्जा स्रोतों तथा संयंत्रों के विकास में कार्यरत हैं। कुछ नए स्रोत जैसे–

**हाइड्रोजन ऊर्जा** : हाइड्रोजन गैस को मूल ईंधन के रूप में उपयोग करके हाइड्रोजन बैटरी तथा हाइड्रोजन पावर प्लांट बनाए जाते हैं। इससे प्राप्त ऊर्जा का उपयोग औद्योगिक कार्यों में, आवागमन के साधनों में तथा दैनिक जीवन के उपयोग में हो सकता है।

**भू-तापीय ऊर्जा** : भू-तापीय गर्म झरनों का उपयोग विद्युत उत्पादन तथा उष्मा प्राप्ति के लिए करते हैं।

**सागरीय ऊर्जा** : सागर से प्राप्त उच्च तरंगों, ज्वारों तथा तापीय परिवर्तनों को भी विद्युतीय ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए उपयोग किया जा रहा है। ज्वार ऊर्जा प्राप्त करने की दिशा में सफल तकनीकी विकास के साथ तरंगीय ऊर्जा तकनीकी में काफी प्रगति हुई है।

हमारे प्राकृतिक संसाधनों का यह एक बहुत महत्त्वपूर्ण स्रोत है। पौधे हमारे भोजन के मुख्य स्रोत हैं। ये जानवरों के लिए चारा, जलाने के लिए ईंधन तथा वस्त्र निर्माण के लिए रेशे इत्यादि प्रदान करते हैं। हमारे यहाँ ऐसे भी पौधे हैं जिनसे दवाइयाँ, सजावट के सामान, गोंद, लाख, इत्र जैसी बहुत-सी उपयोगी वस्तुएँ प्राप्त होती हैं। हमारी वन संपदा देश के कुल भौगोलिक क्षेत्र का 1/5 भाग है जो लगभग 63.591 मिलियन हैक्टेयर वर्ग किलोमीटर है। वन हमारे लिए कई प्रकार से उपयोगी हैं –

1. फर्नीचर तथा मकान के निर्माण के लिए लकड़ी
2. कागज उद्योग के लिए कच्ची सामग्री
3. वन्य जीवों का संरक्षण
4. सौर विकिरणों के प्रतिकूल प्रभाव को रोकना
5. वायुमंडल में $CO_2$ तथा $O_2$ का संतुलन बनाए रखना
6. पृथ्वी के तापमान एवं जलचक्र का नियंत्रण
7. बाढ़ तथा मृदा अपरदन के खतरे से बचाव
8. फल, दृढ़फल तथा दवाइयाँ प्रदान करना।

भारतीय प्राणिजात में विभिन्न जातियों के जीव, जैसे– स्तनधारी, पक्षी, सरीसृप, मछलियाँ, कीट, मोलस्क आदि पाए जाते है। ये जीव-जंतु हमारी पर्यावरणीय व्यवस्था के एक विशिष्ट घटक हैं। जंतुओं से हमें दूध, अंडे तथा मांस प्राप्त होता है जो हमारे भोजन में प्रोटीन का एक बड़ा स्रोत है। वन्य जीवन पर्यटन का लोकप्रिय केंद्र है तथा मानव जीवन के सौंदर्यभाव में इनका विशेष स्थान है।

**प्रश्न**

1. प्राकृतिक संसाधन के प्रकारों को उदाहरण सहित बताइए।
2. पराबैंगनी विकिरण के हानिकारक प्रभाव लिखिए।
3. हमारे देश में पाई जाने वाली मिट्टी के प्रकारों की सूची बनाइए।
4. नवीकरणीय तथा अनवीकरणीय ऊर्जा साधनों में अंतर उदाहरण सहित लिखिए।
5. नाभिकीय ऊर्जा प्राप्त करने में कौन-सी धातुओं का उपयोग होता है ?
6. वनों के कुछ उपयोग बताइए।

## 18.2 प्राकृतिक संसाधनों का प्रबंधन

हमारे प्राकृतिक संसाधनों का उपयोग लगातार हो रहा है। जनसंख्या वृद्धि एवं तकनीकी विकास से प्राकृतिक संसाधनों का दोहन बढ़ता जा रहा है। इसके फलस्वरूप हमारे क्षय योग्य प्राकृतिक साधनों के लिए खतरा उत्पन्न हो गया है। प्राकृतिक संसाधनों का उपयोग **उनकी उपलब्धता, तर्कसंगत उपभोग तथा प्रतिस्थापनीयता** को ध्यान में रखकर करना चाहिए। इस प्रकार का दृष्टिकोण ही प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन तथा संरक्षण के अनुकूल होता है। ऐसा आंकलन किया गया है कि यदि हम आज की ही दर से कोयले का उपयोग करते रहे तो इसी सदी में हमारा कोयले का भंडार पूर्ण रूप से समाप्त हो जाएगा। भारत में पेट्रोलियम का उत्पादन अपनी आवश्यकता की मात्रा का केवल आधा होता है। पेट्रोलियम की आधी से अधिक मात्रा हमें विदेशों से आयात करनी पड़ती है। इस दिशा में प्राकृतिक

गैसों का उपयोग एक अच्छा विकल्प है। पिछले दो दशकों से हमारे प्राकृतिक गैस साधन में दस गुना वृद्धि हुई है। इसलिए ऊर्जा प्राप्त करने के लिए जीवाश्म ईंधनों (कोयले एवं पेट्रोलियम) के स्थान पर गैर-पारंपरिक स्रोत, जैसे– सौर, पवन तथा जैवमात्रा ऊर्जा का प्रयोग करना चाहिए तथा इसके उपयोग में बढ़ावा देना चाहिए। बायोगैस का उत्पादन पशुओं के गोबर, मानव मल, कूड़ा करकट, भूसे तथा सूखी वनस्पतियों आदि से किया जाता है। बायोगैस तकनीकी के विकास में भारत की भूमिका अग्रणी तथा महत्त्वपूर्ण है। यह एक सस्ता, प्रदूषण रहित तथा सुविधाजनक ईंधन है जो हमारे विस्तृत ग्रामीण क्षेत्रों के लिए विशेषकर उपयोगी है।

जैव तकनीकी के विकास से आज संपूर्ण जैवमात्रा के उत्पादन में वृद्धि के साथ इसका उपयोग महत्त्वपूर्ण औद्योगिक एवं व्यावसायिक उत्पादन में प्रभावशाली ढंग से किया जा सकता है। शक्कर एवं मंड देने वाली वनस्पतियों (गन्ना, आलू, शकरकन्द, अनाज आदि) ऐसे जैव तकनीकी प्रक्रियाओं के लिए बहुत उपयुक्त है। वनों तथा कृषि क्षेत्र से अत्यधिक मात्रा में पाए जाने वाला जैवमात्रा सेल्युलोज और लिग्नोसेल्युलोज (पेड़ों की लंबी आयु लिग्नोंसेल्युलोज, जो अविघटनीय है, के कारण होती है) के रूप में होता है। इनका उपयोग जैव तकनीकी प्रक्रियाओं द्वारा ईंधन और रासायनिक उत्पाद के लिए किया जाना चाहिए। शुद्ध सेल्युलोज का किण्वन रसायनों एवं एंजाइमों के प्रभाव से होता है जिससे इथेनाल, ब्यूटानॉल, ऐसीटोन, एक कोशिकीय प्रोटीन, मिथेन इत्यादि का उत्पादन संभव है। परंतु लिग्नोसेल्युलोज का उपयोग, जो कार्बन प्राप्त करने का बड़ा स्रोत है, अभी भी जैव तकनीकी विधियों में ज्यादा विकसित नहीं हुआ है।

वन तथा वन्य जीव संसाधन का प्रबधंन एक जटिल कार्य है। प्रतिवर्ष लगभग 1.5 मेट्रिक हैक्टेयर की दर से हमारे वन नष्ट होते जा रहे हैं। काफी संख्या में वन्य स्पीशीज या तो विलुप्त हो चुकी हैं या समाप्ति के कगार पर पहुँच गई हैं। इंटरनेशनल यूनियन फॉर कंजरवेशन ऑफ नेचर एंड नेचुरल रिसोर्सेज (IUCN) ने संरक्षण के दृष्टिकोण से पाँच मुख्य संवर्ग बनाए हैं। ये हैं– विलुप्त, संकटापन्न, सुभेद्य, दुर्लभ तथा अपर्याप्त ज्ञात स्पीशीज। IUCN ने संकटापन्न स्पीशीजों पर ध्यानाकर्षण के लिए ऐसे पौधों तथा जंतुओं की एक सूची विश्व स्तर पर प्रसारित की है (चित्र 18.4)। IUCN ने रेड डाटा बुक का भी प्रकाशन प्रारंभ किया है, जिसमें पौधों तथा जंतुओं की संकटापन्न जातियों के बारे में जानकारी दी गई है। पौधों तथा जंतुओं की ऐसी स्पीशीजों के उचित देखभाल तथा प्रबंधन करने की दिशा में कुछ महत्त्वपूर्ण कदम उठाए गए हैं :

**हाथी** **मोनाल फीजेन्ट** **मगर**

**संकटापन्न स्पीशीज**

**हिमालयन माउन्टेन क्वेल** **पिंक हेडेड डक**

**विलुप्त स्पीशीज**

*चित्र 18.4 : भारतीय संकटापन्न एवं विलुप्त स्पीशीज।*

1. जीवों के प्राकृतिक आवास की रक्षा करना। महत्त्वपूर्ण स्पीशीजों तथा जो विलुप्त हो रही हैं, ऐसी स्पीशीजों की देखभाल संरक्षित क्षेत्रों जैसे राष्ट्रीय उद्यान, अभयारण्यों तथा संरक्षित जीवमंडल में रखकर करना।
2. संरक्षित अवस्था में प्रजनन का सफल प्रयास करना।
3. वन्य जीवों तथा वनों के महत्त्व को समझाने के लिए लोगों में जागरूकता लाने वाला कार्यक्रम चलाना।
4. कानूनी नियमों के अंतर्गत वन्य जीवन को सुरक्षा प्रदान करना।

भारत में 73 राष्ट्रीय उद्यान, 416 अभयारण्य और 12 संरक्षित जीवमंडल हैं। पशुओं के चर्म, सींग, खुर, पंख आदि के अवैध क्रय-विक्रय तथा जंगली शिकार करने पर विशेष प्रतिबंध लगाया गया है। वन संरक्षण के लिए कुछ उपाय हैं 1. वनीकरण (पर्यावरणीय एवं सामाजिक वनीकरण) 2. कृषि वनीकरण 3. सौंदर्य एवं सजावटी वृक्षों का रोपण।

### आरक्षित जीवमंडल

आरक्षित जीवमंडल एक बहुउद्देशीय सुरक्षित क्षेत्र होता है जिसका मुख्य उद्देश्य– 1. पौधों, जतुंओं तथा सूक्ष्म जीवों की विविधता एवं अखण्डता को संरक्षित करना 2. उनके पारिस्थितिक संरक्षण को बढ़ावा देना 3. वातावरणीय अभिमुखता तथा पारिस्थितिक सहभागिता के साथ निर्वाह के बारे में शिक्षण-प्रशिक्षण एवं जागरूकता पैदा करने वाले कार्यक्रम चलाना। हमारे देश में 12 आरक्षित जीवमंडल स्थापित किए गए हैं– नीलगिरी, नंदादेवी, नोकरोक, ग्रेट निकोबार, मन्नार की खाड़ी, मानस, सुन्दरवन, सिमलीपाल, डिबरूसाईखोवा, देवागंदेबांद, पंचमढ़ी और कंचनजंगा। यहाँ प्रमुख स्पीशीजों की पहचान की जाती है। उनकी संख्यावार आंकड़े तैयार किए जाते हैं तथा जागरूकता के कार्यक्रम चलाये जाते हैं। गैर-सरकारी संस्थाएँ (एन.जी.ओ.) भी इन जन-जागरण कार्यक्रमों में सहभागी होती हैं।

प्राकृतिक संसाधन जैसे हवा, जल तथा मिट्टी को भी उचित देखरेख तथा प्रबंधन की आवश्यकता है। प्रायः हम पानी की कमी के बारे में सुनते हैं तथा अनुभव करते हैं। विशेष रूप से ग्रीष्मकाल में भूमिगत जल का स्तर काफी कम हो जाता है जिससे कुएँ तथा हैंडपंप सूखने लगते हैं तथा नगर निगमों द्वारा जल आपूर्ति भी कम कर दी जाती है।

जल संकट की ऐसी परिस्थितियाँ हमें जल के दुरूपयोग के प्रति सचेत करती हैं। जल संसाधन के प्रबंधन एवं संरक्षण के उपाय इस प्रकार हैं : 1. एकीकृत जल विभाजक योजना के अंतर्गत पीने के पानी तथा कृषि एवं उद्योगों के लिए जल आपूर्ति 2. बाढ़ नियंत्रण 3. नदियों को एक दूसरे से जोड़कर प्रवाहित जल को अत्यधिक जल स्रोत से कम जल स्रोत में स्थानांतरित करना 4. जल-भूवैज्ञानिकीय सर्वेक्षण द्वारा अत्यधिक दोहित क्षेत्रों की पहचान करना 5. भूमिगत जल का कृत्रिम पुनर्भरण करना 6. वैयक्तिक एवं जनभागीदारी से पूर्ण जन जागृति कार्यक्रम चलाना।

मृदा अपरदन तथा लगातार एक ही फसल उगाने से मिटटी की उर्वरा शक्ति घट जाती है जिसके परिणामस्वरूप फसल कम उत्पादित होती है। इसलिए उचित भूमि संरक्षण के उपाय करने चाहिए, जैसे– 1. फसलों की एक के बाद दूसरी प्रजाति का उगाना 2. फलीदार (लेग्यूम्स) पौधों को उगाना 3. उचित मात्रा में उर्वरक एवं खाद का प्रयोग करना तथा 4. मिट्टी की ऊपरी उपजाऊ परत को हवा तथा जल से होने वाले मृदा अपरदन से बचाने के लिए सुरक्षा प्रदान करने वाले पौधों को उगाना।

बहुत-सी हानिकारक अशुद्धियाँ वायु के साथ आती हैं जो स्वास्थ्य के लिए अच्छी नहीं होतीं। इन अशुद्धियों के प्रमुख घटक हैं– कार्बन डाइऑक्साइड, कार्बन मोनो ऑक्साइड, सल्फर तथा नाइट्रोजन के ऑक्साइड, फ्लोराइड यौगिक, धातुएँ एवं हाइड्रोकार्बन। इन अशुद्धियों को प्रदूषक कहते है जिससे वायु प्रदूषण होता है। वायु प्रदूषण बहुत से रोगों का कारण होता है। अतः यह आवश्यक है कि हम अपने सुरक्षित जीवन के लिए वायु को शुद्ध रखने का पूर्ण प्रयास करें।

सरकार ने प्रदूषण रोकने हेतु विभिन्न अंतर्राष्ट्रीय संस्थाओं के साथ मिलकर बहुत-सी योजनाएँ तथा नियम बनाए हैं। कुछ महत्त्वपूर्ण तथ्य हैं :

1. प्रदूषण के स्रोत एवं कारण को पहचानना।
2. पर्यावरण की अधिकतम प्रदूषण वहन करने की क्षमता का पता लगाना।
3. प्रदूषकों का उत्सर्जन पर्यावरण की वहन क्षमता की सीमा के अंदर नियंत्रित करना।
4. प्रत्येक प्रकार के प्रदूषकों के लिए निष्प्रभावक विकसित करना।
5. उन क्षेत्रों की पहचान करना जहाँ पर गरीबी तथा निरक्षरता के कारण प्रदूषण फैल रहा है।

**प्रदूषण को नियंत्रित करने की महत्त्वपूर्ण विधियाँ हैं–**

1. ठोस कार्बनिक कचरों, मल-मूत्र इत्यादि को कंपोस्ट में परिवर्तित करना।
2. गोबर गैस संयंत्र लगाना।
3. अविघटित होने वाले कचरों को निचली सतह के क्षेत्रों में भरना।
4. यथासंभव कूड़ा-करकट का पुनः चक्रीकरण करना।
5. वाहित मल एवं गंदे नाले का उचित उपचार करना।
6. पूर्ण दहन इंजन तथा धूम्ररहित संयंत्रों का उपयोग स्वचालित वाहनों में किया जाना (जैसे सी.एन.जी.– कंप्रेस्ड नेचुरल गैस का वाहनों में उपयोग)।

7. ऊर्वरकों, खर-पतवारनाशी तथा कीटनाशी का उपयोग उचित मात्रा में निश्चित करना।
8. कार्बन मोनो ऑक्साइड को स्थिर करने तथा नाइट्रोजन के ऑक्साइड को उपापचयित करने वाले संयंत्र लगाना।

**प्रश्न**

1. आई.यू.सी.एन. का विस्तृत रूप लिखिए।
2. जुंतओं के दो संकटापन्न जातियों के नाम लिखिए।

## आपने क्या सीखा

- वायु, जल, मृदा, कोयला, खनिज, जंतु, वनस्पतियाँ इत्यादि प्रकृति के भंडार हैं जिनसे हम अपनी सभी आवश्यकताओं को पूर्ण करते हैं । इनको प्राकृतिक संसाधन कहते हैं ।
- हम प्राकृतिक संसाधनों को दो भागों में विभाजित कर सकते हैं–
  - (a) अक्षय संसाधन जो पुनः प्राप्ति योग्य हैं, जैसे– हवा और जल।
  - (b) समाप्ति योग्य संसाधन जिनका भंडार सीमित है, जैसे– कोयला, पेट्रोलियम, जीव-जंतु तथा पेड़-पौधे।
- ऊर्जा साधनों को नवीकरणीय (गैर-परंपरागत संसाधन) तथा अनवीकरणीय (परंपरागत) साधनों की श्रेणी में वर्गीकृत किया गया है।
- कोयला, पेट्रोलियम, लोहा, ताँबा, सीसा आदि बहुत कीमती प्राकृतिक साधन हैं। इन साधनों का दोहन तथा दुरूपयोग प्रभावी ढंग से बहिष्कृत करना चाहिए।
- सौर विकिरण, हवा, जैवमात्रा तथा नाभिकीय शक्ति आदि अपरंपरागत ऊर्जा साधन हैं। ये प्रदूषणमुक्त हैं तथा परंपरागत ऊर्जा स्रोत के अच्छे विकल्प हैं ।
- हमारे देश के कुल भौगोलिक क्षेत्र का 1/5 भाग वनों से ढका है ।
- प्राकृतिक साधनों के संरक्षण के लिए हमें जन जागरण हेतु विशेष प्रयास करने चाहिए।
- हवा, जल, मृदा, जीव-जंतु तथा पेड़-पौधों जैसे साधनों को संरक्षित रखने के लिए सरकार द्वारा बनाए गए नियमों एवं कानूनों का पालन करना चाहिए।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. 'प्राकृतिक संसाधन' को उदाहरण सहित परिभाषित कीजिए।
2. वायुमंडल का कौन-सा भाग पृथ्वी के सबसे निकट है ? इसका क्या महत्त्व है ?
3. ओजोन परत हमारे लिए किस प्रकार लाभदायक है ?
4. "जल जीवन के लिए आवश्यक है" इस कथन को सिद्ध कीजिए।
5. देश के उन भागों के नाम लिखिए जिनमें सबसे अधिक तथा सबसे कम वर्षा होती है।
6. भौम जलस्तर (वाटर टेबल) तथा जलतल (वाटर लेवल) में अंतर लिखिए ?
7. मृदा के घटकों के नाम बताइए।
8. मिट्टी की उर्वरकता से आप क्या समझते हैं ?
9. नवीकरणीय तथा अनवीकरणीय साधनों को उदाहरण सहित परिभाषित कीजिए।
10. नाभिकीय ऊर्जा का स्रोत क्या है ?

11. विलुप्त तथा संकटापन्न स्पीशीजों को परिभाषित कीजिए।
12. किन्हीं दो विलुप्त तथा संकटापन्न स्पीशीजों के नाम लिखिए।
13. जल संरक्षण के कुछ प्रमुख उपाय लिखिए।
14. कुछ वायु प्रदूषकों के नाम लिखिए।
15. प्रदूषण नियंत्रण की कुछ महत्त्वपूर्ण विधियाँ बताइए।
16. गैर-परंपरागत ऊर्जा संयंत्रों को सूचीबद्ध कीजिए।
17. प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण के बारे में अपने विचार व्यक्त कीजिए।

# कोयला एवं पेट्रोलियम
# (Coal and Petroleum)

अध्याय

पिछले अध्याय में हम यह अध्ययन कर चुके हैं कि कोयला एवं पेट्रोलियम दो महत्त्वपूर्ण प्राकृतिक संपदाएँ हैं। वास्तव में, हमारे लिए ये ऊर्जा के दो प्रमुख स्रोत हैं। कोयला काले रंग का चट्टान जैसा पदार्थ होता है जो ऊष्मीय शक्ति संयंत्रों, इस्पात उद्योगों एवं धातुकर्मीय प्रक्रमों का एक अनिवार्य निवेश होता है। एक परिकलन के अनुसार, भारतवर्ष की वाणिज्यिकीय ऊर्जा आवश्यकता की लगभग 67 प्रतिशत पूर्ति कोयले द्वारा संपन्न होती है। पेट्रोलियम एक दुर्गंधयुक्त, गहरे वर्ण का एक विस्कासी (viscous) द्रव होता है। यह विस्कासी द्रव ऐसे कार्बनिक यौगिकों, जो केवल कार्बन एवं हाइड्रोजन से निर्मित होते हैं (हाइड्रोकार्बन), का एक जटिल मिश्रण होता है। पेट्रोलियम से प्राप्त होने वाले कुछ सामान्य एवं जनोपयोगी उत्पाद पेट्रोलियम गैस, पेट्रोल, डीज़ल एवं मिट्टी का तेल (किरोसिन) हैं। इनका उपयोग ईंधन के रूप में होता है। LPG (द्रवित पेट्रोलियम गैस) एवं किरोसिन घरेलू ईंधन हैं जिनका उपयोग अधिकतर पाककर्मों के लिए किया जाता है। किरोसिन को प्रकाश उत्पन्न करने के लिए चिरागों एवं डीज़ल तथा पेट्रोल का उपयोग स्वचालित वाहनों (आटोमोबाइलों -automobiles) एवं उद्योगों में किया जाता है। कोयला एवं पेट्रोलियम के बिना हम सब जीवन की कल्पना करें तो—न तो विद्युत होगी, न परिवहन होंगे। और तो और, यहाँ तक कि भोजन पाककर्मों की व्यवस्था भी नहीं हो सकेगी। जीवन में स्थिरता आ जाएगी अर्थात् जीवन प्रवाह रुक जाएगा और हम सब पाषाण युग (stone age) की तरह जीवनयापन के लिए बाध्य हो जाएँगे। कोयला एवं पेट्रोलियम की उपयोगिता मुख्यतः उनके अंदर विद्यमान कार्बन एवं उसके यौगिकों पर आधारित होती है।

इस अध्याय में हम इन दो प्राकृतिक संपदाओं के बारे में अध्ययन करेंगे।

## 19.1 कोयला और पेट्रोलियम ऊर्जा के प्राकृतिक स्रोत

### 19.1.1 कोयला

कोयले की उत्पत्ति वनस्पतियों के पृथ्वी के अंदर दब जाने के कारण हुई। लगभग 300 मिलियन वर्ष पूर्व पृथ्वी घने जंगलों, कच्छ–क्षेत्रों (marshlands) एवं नदियों से आच्छादित थी। सर्वप्रथम अनूप वनों की उत्पत्ति हुई। तत्पश्चात् इन अनूप वनों के पौधे, चारों तरफ स्थित जल में गिर कर काल कवलित (dead) हो गए। कालांतर में, ये वनस्पतियाँ लगातार टनों मिट्टी के मलबे में दबती चली गईं तथा पृथ्वी के अंदर उच्च ताप एवं विशाल दाब के फलस्वरूप ये वनस्पतियाँ कोयलीभूत (कोयलित) हो गईं। इस कारण कोयले को **जीवाश्मी ईंधन** (fossil fuel) कहते हैं। यह ऊर्जा का एक **अनवीकरणीय** (non-renewable) स्रोत है।

चीन, संयुक्त राज्य अमेरिका (USA), संयुक्त राज्य (UK), जर्मनी, पोलैंड, ऑस्ट्रेलिया तथा भारतवर्ष विश्व के प्रमुख कोयला उत्पादक देश हैं। भारतवर्ष में, कोयला मुख्यतः झारखंड, मध्यप्रदेश, उडीसा, पश्चिम बंगाल एवं आंध्रप्रदेश में पाया जाता है। जनवरी 2000 ईस्वी में किए गए आकलनों के अनुसार भारतवर्ष का कोयला निचय (reserves) 2,11,5,93.61 मिलियन टन था। खानों से कोयले का निष्कर्षण किया जाता है जिसका 76 प्रतिशत अंश **विवृत खनन** (opencast) तकनीक एवं शेष **भूमिगत** (underground) **खनन तकनीक** द्वारा प्राप्त किया जाता है। जब कोयला निक्षेप (deposits) स्तर छिछली गहराई पर स्थित होता है तो उसे बाहर निकालने के लिए विवृत खनन तकनीक प्रयुक्त होती है तथा जब कोयला निक्षेप स्तर अधिक गहराई पर स्थित होता है तो उसको

बाहर निकालने के लिए भूमिगत खनन तकनीक का प्रयोग करते हैं। सभ्यता की उन्नति के साथ-साथ एवं जीवनयापन तरीकों में आए परिवर्तनों के कारण कोयले की खपत (माँग) अधिक बढ़ गई है। एक आकलन के अनुसार सन् 1999-2000 ईस्वी में कोयले की खपत 302 मिलियन टन थी। यह खपत समय के साथ बढ़ रही है। अगर हम कोयले का इसी दर से उपभोग करते रहेंगे तो हमारा कोयला शीघ्र ही समाप्त हो जाएगा। अतः हमें न्यायसंगत रूप से कोयले का उपभोग करने की आवश्यकता है।

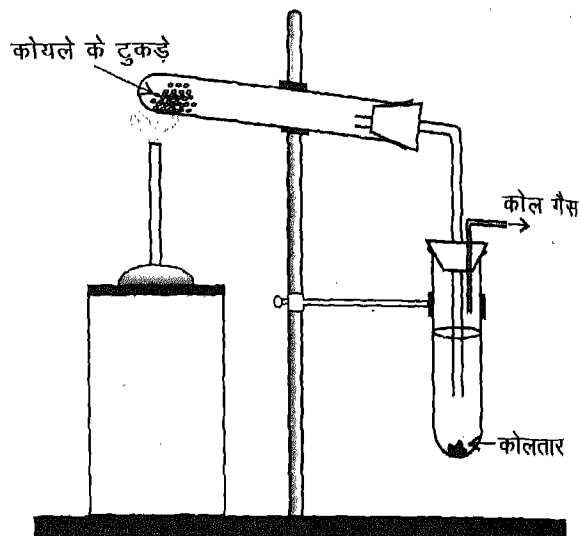
कोयले में मुख्यतः कार्बन एवं उसके यौगिक होते हैं। इन कार्बनिक यौगिकों में कार्बन एवं हाइड्रोजन के अतिरिक्त नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, तथा गंधक भी उपस्थित हैं। कोयले में कुछ अकार्बनिक द्रव्य भी पाए जाते हैं। कोयले को, उसमें निहित कार्बन के प्रतिशत के आधार पर निम्न चार वर्गों में वर्गीकृत किया जाता है। वायु में सुखाए कोयले के नमूनों में कार्बन के प्रतिशत निम्न होते हैं:

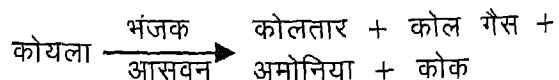
पीट (peat) 27%, लिग्नाइट (lignite) 28-30%, बिटुमेनी (bituminous) 78-86% तथा ऐंथ्रासाइट (anthracite) 94-98%।

वायु की अनुपस्थिति में कोयले को 1270-1675K ताप पर गर्म करने से कोलतार, कोल गैस, अमोनिया तथा कोक प्राप्त होते हैं। इस प्रक्रम को कोयले का **भंजक आसवन** (destructive distillation) कहते हैं।

**क्रियाकलाप 19.1 :** चित्र 19.1 में प्रदर्शित उपकरण की भाँति उपकरण व्यवस्थित कीजिए।

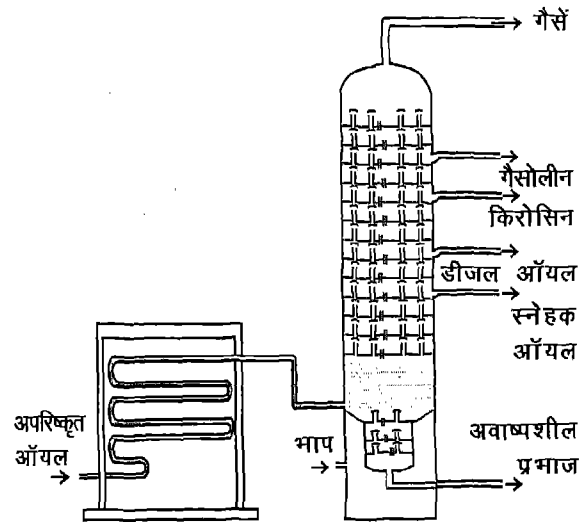
एक कठोर काँच की परखनली में कोयले (जो मुख्यतः बिटुमेनी कोयला हो) के कुछ टुकड़े रखिए। तत्पश्चात् कोयले को प्रचंड रूप से गर्म कीजिए जिसके परिणामस्वरूप उसमें स्थित सभी वाष्पशील पदार्थ बाहर निकल जाएँगे तथा अवशेष जिसको कोक कहते है, परखनली में बचा रह जाएगा।

वाष्पशील पदार्थों में कोल गैस, अमोनिया तथा एक विस्कासी द्रव, कोलतार होता है। वाष्पशील द्रव्यों की वाष्प को जल से गुजारने पर, अमोनिया

*चित्र 19.1 : कोयले का भंजन आसवन। उपकरण अभिक्रिया नली एवं ग्राही नली से बना है तथा यह निर्गम नली एवं गैस बर्नर युक्त है।*

जल में विलेय हो जाता है तथा कोलतार जो जल में अविलेय होता है, नली के तल पर तैलीय द्रव के रूप में जमा हो जाता है। कोल गैस जो जल में अविलेय होती है, पार्श्व नली द्वारा बाहर निकल जाती है। काले रंग का विस्कासी द्रव, कोलतार अनेक कार्बनिक यौगिकों का मिश्रण होता है। जिनका अनुप्रयोग, रंजकों (dyes), संश्लिष्ट तंतुओं, विस्फोटकों, दवाओं तथा कीटनाशी (pesticides) जैसे अनेक महत्त्वपूर्ण यौगिकों के निर्माण के लिए प्रारंभिक पदार्थ के रूप में किया जाता है। आजकल इन यौगिकों का संश्लेषण अधिकांशतः पेट्रोलियम उत्पादों से किया जाता है। कोल गैस, हाइड्रोजन ($H_2$), मेथैन ($CH_4$) तथा कार्बन मोनोक्साइड (CO) नामक गैसों का एक मिश्रण होता है। कोल गैस एक उत्कृष्ट ईंधन है। कोक में मुख्यतः कार्बन ही होता है, जो अपचायक के रूप में उपयोगी होता है। इसका प्रयोग, धातुकर्मीय प्रक्रमों में ऑक्साइड अयस्कों को धातुओं में अपचयित करने में होता है।

$$\text{कोयला} \xrightarrow[\text{आसवन}]{\text{भंजक}} \text{कोलतार + कोल गैस + अमोनिया + कोक}$$

### 19.1.2 पेट्रोलियम

पेट्रोलियम मुख्यतः अनेक हाइड्रोकार्बनों (कार्बन एवं हाइड्रोजन के यौगिकों) का एक जटिल मिश्रण होता है जिसमें, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन एवं गंधक युक्त कार्बनिक यौगिकों की अल्पमात्रा भी होती है। यह भू-सतह के नीचे पाया जाता है। पेट्रोलियम 400 मिलियन वर्ष पूर्व पृथ्वी पर उत्पन्न जानवरों एवं पौधों की देन है जो भू-सतह में दब गए तथा उच्चताप एवं विशाल दाब के प्रभाव से, कालांतर में पेट्रोलियम में परिवर्तित हो गए। प्राकृतिक रूप में पाए जाने वाले पेट्रोलियम को **अपरिष्कृत तेल** (crude oil) कहते हैं जो एक काले रंग का विस्कासी द्रव होता है। पेट्रोलियम को भू-पटल के नीचे से, भूमि में छेद करके, लोहे के पाइपों द्वारा पंप करके पृथ्वी की सतह पर लाया जाता है। पेट्रोलियम के ऊपरी सतह पर अधिकतर **प्राकृतिक गैस** (natural gas) पाई जाती है। प्राकृतिक गैस, 1-4 कार्बन परमाणुयुक्त हाइड्रोकार्बनों का मिश्रण होती है परन्तु इसका मुख्य संघटक मेथैन ($CH_4$) ही होता है। पृथ्वी के अनेक भागों में पेट्रोलियम के विशाल भंडार उपस्थित हैं। संपूर्ण विश्व का लगभग 60 प्रतिशत पेट्रोलियम संयुक्त राज्य अमेरिका में पाया जाता है। इसके अतिरिक्त, सऊदी अरब, इरान, ईराक, रूस, मैक्सिको, पोलैंड, चीन, म्यांमार तथा भारतवर्ष प्रमुख पेट्रोलियम उत्पादक देश हैं। भारतवर्ष में, तेल-कूप मुख्यतः असम एवं गुजरात राज्य में पाए जाते हैं। बॉम्बे-हाई (Bombay High) के अपतट (offshore areas) क्षेत्रों के सागर (sea bed) तेलों में तेल निक्षेपों के विशाल भंडार पाए गए हैं। कावेरी तथा गोदावरी के अपतट डेल्टीय क्षेत्रों में भी तेल निक्षेप पाए जाते हैं। अभी हाल में ही पश्चिमी राजस्थान के जैसलमेर जिले में भी तेल निक्षेपों का पता चला है।

**पेट्रोलियम का परिष्करण** (Refining of Petrolium): यहाँ पर स्वाभाविक प्रश्न उठता है कि प्राकृतिक स्रोतों से प्रांप्त पेट्रोलियम के परिष्करण की क्यों आवश्यकता होती है ? प्रकृति से प्राप्त पेट्रोलियम गहरे रंग का दुर्गंधयुक्त एक विस्कासी द्रव होता है जिसमें अनेक भूमिज पदार्थ एवं जल प्रचुर मात्रा में विद्यमान रहते हैं। चूँकि यह एक जटिल मिश्रण होता है अतः इस दशा में इसको न तो इंजनों में, और न ही ईंधन के रूप में उपयोग में लाया जा सकता है। इस अपरिष्कृत ऑयल को अन्य यौगिकों के संश्लेषण के लिए प्रारंभिक पदार्थों के रूप में भी उपयोग में नहीं ला सकते हैं। अतः पेट्रोलियम उत्पादों एवं उपयोगों को ध्यान में रखते हुए इसको परिष्कृत करना आवश्यक होता है। अपरिष्कृत पेट्रोलियम के उपयुक्त उपयोग के लिए इसको **प्रभाजी आसवन** (fractional distillation) द्वारा प्रभाजित करके इसके अनेक महत्त्वपूर्ण प्रभाजों को प्राप्त करते हैं (चित्र 19.2)। प्रत्येक प्रभाज कुछ निश्चित हाइड्रोकार्बनों का मिश्रण होता है जिनका क्वथनांक (boiling point) एक ताप-परिसर (temperature range) में होता है। प्रभाजी आसवन इसी तथ्य पर आधारित है।

*चित्र 19.2 : पेट्रोलियम का परिष्करण। भट्टी और प्रभाजक स्तंभयुक्त एक प्लांट।*

पेट्रोलियम परिष्करण के लिए सर्वप्रथम अपरिष्कृत ऑयल को प्रभाजी स्तंभ (fractionating column) में डालते हैं। तत्पश्चात् उसे 650K तक गर्म करते हैं जिसके परिणामस्वरूप अनेक द्रव घटकों के वाष्प मिश्रण उत्पन्न होते हैं जो प्रभाजी स्तंभ में ऊपर उठती हैं और जैसे-जैसे वाष्प ऊपर उठती हैं वैसे-वैसे वे ठंडी होकर स्तंभ में संघनित (condense) होने लगती हैं। सर्वप्रथम, उच्च क्वथनांक प्रभाजी

वाष्प ठंडी होकर द्रवीभूत हो जाती है जिसको अंत में, स्तंभ के निम्न स्तर पर स्थित निर्गम (outlet) से एकत्रित कर लेते हैं। तत्पश्चात्, जो वाष्प ऊपर उठती हैं वे निम्न क्वथनांक प्रभाजों से घनीभूत होती हैं तथा स्तंभ के शीर्ष पर पहुँचते-पहुँचते वे वाष्प मुख्यतः निम्नतम क्वथनांक प्रभाज की रह जाती हैं। विभिन्न प्रभाजों को प्रभाजी स्तंभ की बढ़ती हुई ऊँचाइयों पर स्थित निर्गमों से एकत्रित करते हैं। पेट्रोलियम परिष्करण के प्रभाजी आसवन के उपरांत प्राप्त विभिन्न प्रभाजों को उनके महत्त्वपूर्ण उत्पादों तथा उनके उपयोगों सहित सारणी 19.1 में दिया गया है।

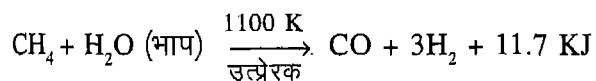
सारणी 19.1: पेट्रोलियम के विभिन्न प्रभाज।

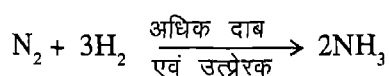
| *प्रभाज* | *संघटन* | *ताप-परिसर (K)* | *उपयोग* |
|---|---|---|---|
| पेट्रोलियम गैस | $C_1 - C_4$ | 298 से नीचे | ईंधन के रूप में। |
| पेट्रोलियम ईथर | $C_5 - C_7$ | 298-333 | शुष्क धुलाई में विलायक के रूप में। |
| पेट्रोल / गैसोलीन | $C_7 - C_{10}$ | 333-473 | मोटरों के ईंधन के रूप में। |
| किरोसिन (मिट्टी का तेल) | $C_{12} - C_{16}$ | 448-550 | जेट इंजनों के ईंधन के रूप में तथा घरेलू ईंधन के रूप में। |
| ईंधन ऑयल एवं डीज़ल ऑयल | $C_{15} - C_{18}$ | 525-670 | डीज़ल इंजनों तथा उद्योगों के लिए उपयोज्य ईंधन के रूप में। |
| स्नेहक ऑयल | $C_{16} - C_{20}$ उच्च | 623 के ऊपर | मशीनों के लिए स्नेहक ऑयल के रूप में तथा वैसलीन एवं ग्रीज बनाने के लिए। |
| पेट्रोलियम मोम | $C_{20}$ एवं उच्च | 623 के ऊपर | मोमबत्ती, मोमी कागज एवं तंतुओं के बनाने के लिए, जल सहकारक पदार्थों के बनाने के लिए, इलेक्ट्रोड बनाने के लिए, एवं ईंधन के रूप में। |
| पेट्रोलियम कोक (ठोस अवशेष) | — | अवशेष | ईंधन के रूप में। |

जैसा कि सारणी 19.1 में उल्लेख किया गया है, पेट्रोलियम के विभिन्न प्रभाजों के दैनिक जीवन में अनेक उपयोग हैं। पेट्रोलियम प्रभाजों की मांग लगातार अपरिवर्ती रूप से बढ़ रही है। उदाहरणार्थ, लगातर स्वचालित वाहनों की बढ़ोतरी के फलस्वरूप, पेट्रोल एवं डीज़ल की माँग आश्चर्यजनक रूप से बढ़ गई है।

हमारे देश में अपरिष्कृत ऑयल का उत्पादन, पेट्रोलियम उत्पादों की माँग को पूरा करने में सक्षम नहीं है। एक आकलन के अनुसार, सन् 2000-2001 ईस्वी में देशी अपरिष्कृत ऑयल का उत्पादन केवल 33 मिलियन मीटरी टन (MMT) था। यह मात्रा, वार्षिक अपरिष्कृत ऑयल खपत की केवल 35 प्रतिशत के लगभग ही है। हमारे देश में अपरिष्कृत ऑयल का उत्पादन एवं पेट्रोलियम उत्पादों के खपत के मध्य बहुत बड़ा अंतर है। इस अंतर की पूर्ति, पेट्रोलियम के आयात से की जाती है। इस खपत की लगातार अतिप्रवण (steep) दर से वृद्धि हो रही है तथा सन् 2001-2002 ईस्वी तक 130 MMT तक पहुँचने की आशा है। सन् 1999-2000 ईस्वी में, अपरिष्कृत ऑयल एवं पेट्रोलियम उत्पादों की सकल आयातित मात्रा केवल 57.16 MMT थी। इस अपरिष्कृत ऑयल को आयात करने के लिए हमारी विदेशी मुद्रा निचय का मुख्य भाग खर्च हो जाता है। खपत एवं उत्पादन के मध्य इस बड़े अंतर को कम करने के लिए इन लगातार प्रयासों में, नए-नए क्षेत्रों को खोजना तथा उनको वेधना, ऑयल कूपों का निर्माण करना एवं ऑयल परिष्करणशालाओं (oil refineries) को स्थापित करना शामिल है। हमारे देश में, पिछले कुछ दशकों में परिष्करणशालाओं की अप्रत्याशित वृद्धि हुई है जिसके परिणामस्वरूप आज तक कुल सत्रह परिष्करणशालाएँ स्थापित हो गई हैं जिनमें मथुरा, पानीपत, वडोडरा, भड़ौच, हल्दिया, बरौनी, डिगबोई, मंगलोर एवं कोच्चि की परिष्करणशालाएँ प्रमुख हैं।

**प्राकृतिक गैस** : प्राकृतिक गैस का प्रमुख संघटक मेथैन (90%) होता है जो तेल-कूपों से प्राप्त होता है। कुछ तेल-कूपों से तो केवल प्राकृतिक गैस ही प्राप्त होती है। स्वचालित वाहनों के लिए यह एक वैकल्पिक ईंधन है जिसका **संपीडित प्राकृतिक गैस** (Compressed Natural Gas-CNG) के रूप में उपयोग किया जाता है। प्राकृतिक गैस के वायु में दहन द्वारा ऊष्मा की विशाल मात्रा प्राप्त होती है। अतः इसको घरेलू एवं औद्योगिक ईंधन के रूप में उपयोग में लाया जाता है। इसका उपयोग बहुत से रासायनिक उत्पादों के औद्योगिक स्तर पर संश्लेषण के लिए प्रारंभिक रसायन के रूप में भी किया जाता है। रबड़ उत्पादन के लिए, कार्बन ब्लैक जैसे पूरक पदार्थ को बनाने के लिए, प्राकृतिक गैस का कच्चे औद्योगिक पदार्थ के रूप में उपयोग किया जाता है। प्राकृतिक गैस से प्राप्त हाइड्रोजन का उपयोग अमोनिया संश्लेषण के लिए किया जाता है। इससे हाइड्रोजन प्राप्त करने के लिए, इसको अतिऊष्मित (superheated) भाप के साथ उत्प्रेरक की उपस्थिति में 1100K तापमान पर अभिक्रिया कराते हैं।

$$CH_4 + H_2O \text{ (भाप)} \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{1100\text{ K}} CO + 3H_2 + 11.7 \text{ KJ}$$

वायुमंडलीय नाइट्रोजन एवं प्राकृतिक गैस से उत्पन्न हाइड्रोजन, उत्प्रेरक (लोहा एवं मॉलिब्डेनम) की उपस्थिति में अधिक दाब के कारण अभिक्रिया करके अमोनिया का उत्पादन करते हैं।

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{एवं उत्प्रेरक}]{\text{अधिक दाब}} 2NH_3$$

इस प्राप्त अमोनिया का उर्वरकों (fertilizers) के उत्पादन करने के लिए उपयोग किया जाता है।

**पेट्रोलियम गैस** : पेट्रोलियम गैस एथेन, प्रोपेन एवं ब्यूटेन का एक मिश्रण होता है जिसका प्रमुख संघटक n–ब्यूटेन होता है। इसे पेट्रोलियम उद्योग में मुख्यतः एक उपोत्पाद (byproduct) के रूप में प्राप्त किया जाता है। पेट्रोलियम गैस को सुगमतापूर्वक दाब पर द्रवित किया जाता है और द्रवित रूप में इसको सामान्यतः द्रवित पेट्रोलियम गैस (LPG) के नाम से जाना जाता है। इसको ईंधन के रूप में उपयोग में लाया जाता है। यह गैस वायु की उपस्थिति में नीले वर्ण की ज्वाला के रूप में दहित होती है। इस गैस की एक ग्राम मात्रा, दहन के उपरान्त लगभग 50 किलो जूल ऊर्जा प्रदान करती है। LPG एक रंगहीन, गंधहीन एवं ज्वलनशील गैस है। अतः सिलेंडरों से इसके रिसाव (leakage) का पता लगाने के लिए, इसमें एथिल मरकेप्टन (ethyl mercaptan) नामक अत्यंत दुर्गंधयुक्त एक यौगिक मिला देते है जिससे रिसाव का शीघ्र पता चल जाता है।

### 19.1.3 हाइड्रोकार्बनों के दहन पर आधारित अन्य औद्योगिकीय अनुप्रयोग

जैसा कि आप यह अध्ययन कर चुके हैं कि हाइड्रोकार्बनों के दहन से कार्बन डाइऑक्साइड एवं जल उत्पन्न होते हैं। यह एक ऊष्माक्षेपी (exothermic) अभिक्रिया है जिसमें ऊष्मीय ऊर्जा उत्पन्न होती है। हाइड्रोकार्बनों की इस आधारभूत दहन अभिक्रिया द्वारा उत्पन्न ऊर्जा से, हमारे घरों, परिवहनों, औद्योगिक प्रतिष्ठानों इत्यादि के लिए आवश्यक ऊर्जा की पूर्ति होती है।

क्या आप जानते हैं कि कोयले और हाइड्रोकार्बनों के दहन के फलस्वरूप कार्बन मोनोक्साइड, कार्बन डाइऑक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड, नाइट्रोजन के ऑक्साइडों तथा अदहित हाइड्रोकार्बनों का एक मिश्रण उत्पन्न होता है? कार्बन मोनोक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड, और नाइट्रोजन के ऑक्साइडों द्वारा वायु प्रदूषित होती है जो मानव में अनेक रोगों को उत्पन्न करने का कारण बनती है। उदाहरणार्थ, श्वास की बीमारियाँ, गले की समस्याएँ, आँखों की जलन एवं प्रकोपन, फेफड़ों का संकुलन (congestion) इत्यादि। इसके अतिरिक्त, प्रदूषित वायु से कृषि को भी हानि पहुँचती है। स्वचालित वाहनों एवं औद्योगिक प्रतिष्ठानों में ईंधनों के आंशिक दहन के कारण, कार्बन मोनोक्साइड गैस उत्पन्न होती है जो

LPG अथवा किरोसिन के दहन से उत्पन्न ऊष्मा को घरों में पाककर्मों के लिए तथा अन्य कार्यो के लिए सीधे उपयोग में लाया जाता है। अन्य सेक्टरों (क्षेत्रों) के लिए भी ऊष्मीय ऊर्जा का, यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तन के उपरांत, उपयोग किया जाता है। यह कार्य मुख्यतः दो युक्तियों (devices) द्वारा संपन्न होता है (i) बाह्य–दहन इंजन (external combustion engine) (ii) अंतर्दहन इंजन (internal combustion engine)। बाह्य-दहन इंजनों में, जल को गर्म करके भाप में परिवर्तित करते हैं। चूँकि भाप, उसी मात्रा के जल की अपेक्षा अधिक आयतन घेरती है अतः भाप पात्र की दीवारों पर अत्यधिक दाब उत्पन्न करता है। अगर इस भाप को चल पिस्टन (movable piston) युक्त सिलेंडर में भरा जाए तो इससे पिस्टन गतिमान होने लगता है जिसके परिणामस्वरूप इससे सही ढंग से जुड़ी हुई कोई भी वस्तु गतिमान हो जाती है। प्रसरण (expansion) के समय भाप–ऊष्मा का ह्रास हो जाता है फलतः भाप जल में परिवर्तित हो जाती है और पिस्टन पर दाब कम होने लगता है जिसके फलस्वरूप पिस्टन पीछे की दिशा में गतिमान हो जाता है। अगर ठीक इसी समय, सिलेंडर में दोबारा सही मात्रा में भाप को प्रवेश कराया जाए तो पिस्टन आगे की दिशा में गतिमान होने लगता है। यह क्रम चक्र लगातार चलता रहता है।

**अंतर्दहन इंजनों** के सिलेंडरों में हाइड्रोकार्बन ईंधन की कुछ मात्रा का दहन कराते हैं जिससे उत्पन्न गैसों द्वारा सिलेंडर की दीवारों पर दाब उत्पन्न होता है फलतः पिस्टन आगे की दिशा में गतिमान होने लगता है। जैसे-जैसे पिस्टन आगे बढ़ता है वैसे-वैसे गैसों का प्रसारण होने लगता है जिसके कारण वे ठंडी होने लगती हैं। इन प्रक्रियाओं के फलस्वरूप पिस्टन पुनः अपनी पहले वाली स्थिति में आ जाता है। हाइड्रोकार्बनों का पुनः दहन होता है जिससे पिस्टन आगे की दिशा में गतिमान होने लगता है। यह क्रम चक्र लगातार चलता रहता है। जब किसी इंजन में पिस्टनयुक्त सिलेंडर लगा होता है तो उसके द्वारा ट्रेन, ट्रैक्टर, कार अथवा औद्योगिक प्रतिष्ठानों की मशीनें चलाई जाती हैं।

रक्त में उपस्थित हीमोग्लोबिन के साथ अभिक्रिया करके कार्बोक्सी हीमोग्लोबिन उत्पन्न करती है जिससे रक्त की ऑक्सीजन वाहक क्षमता घट जाती है और फलतः आलस्य, सिरदर्द तथा दृष्टि संबंधी समस्याएँ उत्पन्न होती हैं। इसके दीर्घ प्रभाव से मानव काल कवलित हो जाता है। वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड की अधिकता से, वायुमंडल **ग्रीनहाउस प्रभाव** (greenhouse effect) द्वारा, गर्म होने लगता है। सूर्य द्वारा प्रसारित पराबैंगनी, दृश्य एवं अवरक्त विकिरण, कार्बन डाइऑक्साइड को अधिक प्रभावित किए बिना ही पृथ्वी-सतह पर पहुँच जाती हैं। परंतु पृथ्वी-सतह से परावर्तित अवरक्त विकिरण तथा अन्य ऊष्मा विकिरणों को कार्बन डाइऑक्साइड अवशोषित कर लेती है जिसके परिणामस्वरूप पर्यावरण गर्म होने लगता है। एक आकलन के अनुसार, इस प्रभाव के कारण पृथ्वी के तापमान में प्रत्येक वर्ष 0.05 °C की वृद्धि हो रही है। इस **ग्रीनहाउस प्रभाव** के कारण अंततः हिमनद (glacier) एवं ध्रुवीय हिमाच्छद (polar ice caps) पिघल सकते हैं जिसके फलस्वरूप निम्नस्थ भूमि क्षेत्र आप्लावित (flooded) हो जाएँगे। अतः कोयला एवं पेट्रोलियम की प्रदूषण उत्पन्न करने वाले ईंधनों के संवर्ग में गणना की जाती है।

ऊष्मीय शक्ति संयंत्रों में, भाप उत्पन्न करने के लिए कोयले की विशाल मात्रा का प्रतिदिन दहन होता है। भाप से पुनः टरबाइनों का घूर्णन होता है जिसके फलस्वरूप विद्युत उत्पन्न होती है। इस प्रक्रम में भी कार्बन मोनोक्साइड, कार्बन डाइऑक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड एवं नाइट्रोजन के ऑक्साइडों का जन्म होता है जो प्रदूषणकारी होते हैं। इसके अतिरिक्त राख व अदहित कार्बन-कण भी उत्पन्न होते हैं। पर्यावरण के वृहत् परिमाण में प्रदूषित होने के फलस्वरूप मानव नाना प्रकार के रोगों एवं व्याधियों से ग्रसित होते रहते हैं।

**प्रश्न**

1. कोयला एवं पेट्रोलियम के रासायनिक संघटन में क्या अंतर है ?
2. कोयले का भंजक आसवन का क्या तात्पर्य है ? कोयले के भंजक आसवन के प्रमुख उत्पादों का उल्लेख कीजिए।
3. पेट्रोलियम के परिष्करण का क्या तात्पर्य है?
4. पेट्रोल के स्रोतों, संरचनाओं एवं उसके उपयोगों का उल्लेख कीजिए।
5. पेट्रोलियम के परिष्करण की क्यों आवश्यकता होती है ?

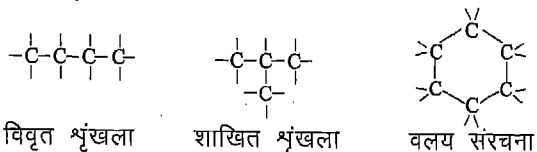
## 19.2 चतु:संयोजकता एवं शृंखलन

हम यह अध्ययन कर चुके हैं कि कोयला एवं पेट्रोलियम में मुख्यतः कार्बन तथा उसके यौगिक होते हैं। इसके अतिरिक्त कार्बन यौगिक **(कार्बनिक यौगिक)** खाद्य सामग्रियों (खाद्य पदार्थों), वस्त्रों, रंगों, दवाओं, प्लास्टिकों तथा सुगंधों में पाए जाते हैं। इतना ही नहीं, संपूर्ण जीव जगत भी कार्बनिक यौगिकों से युक्त होते हैं। वास्तव में, कार्बनिक यौगिकों की संख्या एक मिलियन से कहीं अधिक हो चुकी है। इसका मुख्य कारण कार्बन की अपने यौगिकों में चतु:संयोजकता एवं शृंखलन गुणधर्म प्रदर्शन है। आइए, हम इन परिघटनाओं का अध्ययन करें।

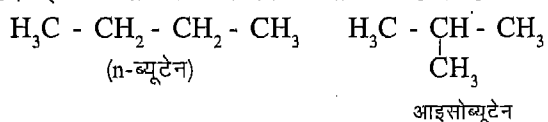
कार्बन (परमाणु क्रमांक 6) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2,4 है। इसके बाह्यतम कोश में चार संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं। यह निकटम उत्कृष्ट गैस विन्यास (noble gas configuration) को प्राप्त करने के लिए या तो चार इलेक्ट्रॉनों को प्राप्त करे या चार इलेक्ट्रॉनों को त्याग दे। ऊर्जा अवलोकन दृष्टि से यह अनुमत नहीं है। अतः कार्बन का एक परमाणु दूसरे परमाणुओं के साथ चार इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी से स्थाई संरचना प्राप्त करता है। फलतः एक कार्बन परमाणु चार सह:संयोजक आबंध बनाता है। कार्बन का एक परमाणु, कार्बन के दूसरे परमाणुओं के साथ सह:संयोजक आबंध निर्मित कर फलतः विवृत शृंखला (open chain), शाखित शृंखला अथवा वलय संरचनाएँ प्रदान करता है जैसा कि नीचे दिखाया गया है :

$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$ विवृत शृंखला

शाखित शृंखला

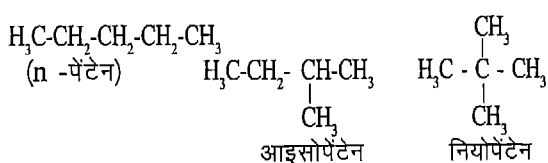
वलय संरचना

एक कार्बन परमाणु के दूसरे कार्बन परमाणुओं के साथ आबंध बनाने के इस गुणधर्म को केटीनेशन शृंखलन (catenation) कहते हैं। इसी गुणधर्म के कारण कार्बन के असंख्य यौगिकों की उत्पत्ति होती है। कार्बन के इसी शृंखलन के कारण ऐसे यौगिक निर्मित होते हैं जिनका आण्विक सूत्र तो एक ही होता है परंतु उनके संरचनात्मक सूत्र अलग-अलग होते हैं। ऐसे यौगिकों को जिनका आण्विक सूत्र तो एक ही होता है परंतु उनके संरचनात्मक सूत्र अलग-अलग होते हैं, उन्हें **समावयव** (isomer) कहते हैं। उदाहरणार्थ– ब्यूटेन जिसका आण्विक सूत्र, $C_4H_{10}$ है। इसके दो संरचनात्मक समावयव होते हैं–

$H_3C - CH_2 - CH_2 - CH_3$ (n-ब्यूटेन)

$H_3C - CH(CH_3) - CH_3$ आइसोब्यूटेन

इसी प्रकार पेंटेन, $C_5H_{12}$ के तीन समावयव संभव होते हैं :

$H_3C\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$ (n -पेंटेन)

$H_3C\text{-}CH_2\text{-}CH(CH_3)\text{-}CH_3$ आइसोपेंटेन

$H_3C - C(CH_3)_2 - CH_3$ नियोपेंटेन

जब अनेक यौगिकों के आण्विक सूत्र एक ही हों परंतु उनके संरचनात्मक सूत्र अलग-अलग हों तो ऐसी परिघटना को **समावयवीकरण** (isomerism) कहते हैं। कार्बन के विशाल यौगिक समूह निर्मित होने का यह एक दूसरा कारण है।

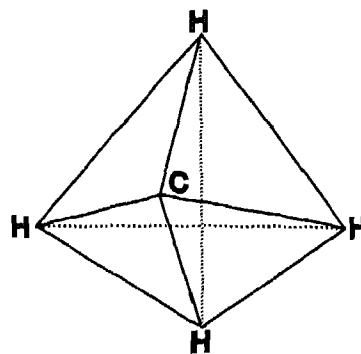
**प्रश्न**

1. कारण सहित समझाइए कि कार्बन क्यों सहसंयोजक आबंध बनाता है ?
2. कार्बन के अत्यधिक यौगिकों के निर्माण का कारण समझाइए।

3. कार्बन के निम्न प्रकार के यौगिकों के एक-एक उदाहरण दीजिए।

   (i) विवृत श्रृंखला

   (ii) शाखित श्रृंखला

4. हेक्सन ($C_6H_{14}$) के संरचनात्मक समावयवों के संरचनात्मक सूत्र दीजिए।

## 19.3 हाइड्रोकार्बन

कार्बन एवं हाइड्रोजन युक्त यौगिकों को **हाइड्रोकार्बन** कहते हैं। उदाहरणार्थ, मेथैन ($CH_4$), एथेन ($C_2H_6$) । इस भाग में हम हाइड्रोकार्बनों के बारे में कुछ अधिक अध्ययन करेंगे।

### 19.3.1 हाइड्रोकार्बनों का वर्गीकरण

हाइड्रोकार्बनों को अलग-अलग विधियों द्वारा वर्गीकृत किया जाता है। हाइड्रोकार्बनों को एक विधि द्वारा निम्न भाँति वर्गीकृत किया जाता है :

(i) संतृप्त (ii) असंतृप्त

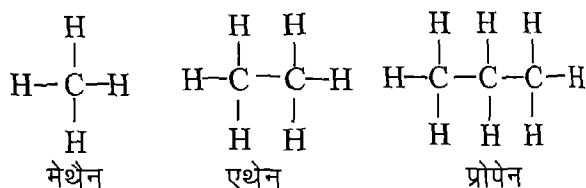
(i) **संतृप्त हाइड्रोकार्बन** : संतृप्त हाइड्रोकार्बन वे हाइड्रोकार्बन होते हैं जिनमें प्रत्येक कार्बन परमाणु दूसरे परमाणुओं के साथ एकल बंध द्वारा जुड़े होते हैं। उदाहरणार्थ, मेथैन ($CH_4$), एथेन ($C_2H_6$), प्रोपेन ($C_3H_8$) इत्यादि। संतृप्त वर्ग का मेथैन एक सरलतम सदस्य है। मेथैन अणु में, कार्बन के चारों संयोजकता इलेक्ट्रॉन चार हाइड्रोजन परमाणुओं से, प्रत्येक के एक इलेक्ट्रॉन के साथ साझेदारी करके, चार एकल आबंध निर्मित करते हैं। मेथैन अणु की एक नियमित चतुष्फलकीय (regular tetrahedral) आकृति होती है जिसके केंद्र में कार्बन परमाणु तथा चारों कोणों पर हाइड्रोजन व्यवस्थित होते हैं (चित्र 19.3)।

चतुष्फलक एक बंद त्रिविमीय आकृति होती है जिसमें चार समबाहु त्रिभुज (equilateral) होते हैं।

एथेन ($C_2H_6$) इस हाइड्रोकार्बन श्रेणी का एक दूसरा सदस्य है। यह मेथैन अणु के एक हाइड्रोजन परमाणु को मेथिल ($CH_3$) समूह द्वारा विस्थापित करने से प्राप्त होता है। इसी प्रकार एथेन के एक

*चित्र 19.3 : मैथेन का नियमित चतुष्फलकीय आकार जिसमें एक कार्बन परमाणु केन्द्र में स्थित है एवं नियमित चतुष्फलक के चारों कोनों पर एक-एक हाइड्रोजन परमाणु जुड़ा है।*

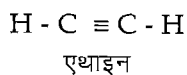
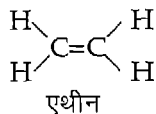
हाइड्रोजन को मेथिल ($CH_3$) समूह द्वारा विस्थापित करने के उपरान्त प्रोपेन ($C_3H_8$) प्राप्त होता है। इसी प्रकार से श्रेणी अग्रसर होती रहती है। संतृप्त हाइड्रोकार्बनों की इस श्रेणी को **ऐल्केन श्रेणी** कहते हैं।

```
   H           H  H          H  H  H
   |           |  |          |  |  |
H--C--H     H--C--C--H    H--C--C--C--H
   |           |  |          |  |  |
   H           H  H          H  H  H
 मेथैन         एथेन           प्रोपेन
```

इस श्रेणी में क्रमशः प्रत्येक सदस्यों के बीच केवल एक $CH_2$ समूह का अंतर है। इस प्रकार के यौगिकों की श्रेणी जिसका प्रत्येक सदस्य पूर्व एवं पश्चात् सदस्यों से केवल एक $CH_2$ समूह के अंतर का होता है, उस श्रेणी को **समजातीय श्रेणी** (homologous series) कहते हैं। ऐल्केन श्रेणी का सामान्य सूत्र $C_n H_{2n+2}$ है। जहाँ पर n, अणुओं में कार्बन परमाणुओं की संख्या को दर्शाता है। ऐल्केन श्रेणी के प्रथम छः सदस्यों के नाम तथा उनके आण्विक सूत्र नीचे दिए गए हैं :

| *आण्विक सूत्र* | *नाम* |
|---|---|
| $CH_4$ | मेथैन |
| $C_2H_6$ | एथेन |
| $C_3H_8$ | प्रोपेन |
| $C_4H_{10}$ | ब्यूटेन |
| $C_5H_{12}$ | पेंटेन |
| $C_6H_{14}$ | हेक्सेन |

(ii) **असंतृप्त हाइड्रोकार्बन** : ऐसे हाइड्रोकार्बन जिनमें कम-से-कम एक द्विआबंध अथवा त्रिआबंध दो कार्बन परमाणुओं के मध्य होता है तो उन्हें असंतृप्त हाइड्रोकार्बन कहते हैं। ये आबंध दो कार्बन परमाणुओं के मध्य क्रमशः दो या तीन इलेक्ट्रॉन युग्मों की साझेदारी द्वारा निर्मित होते हैं।

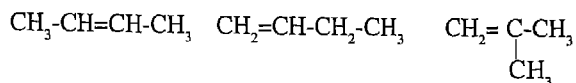
$$H_2C{=}CH_2 \qquad H{-}C{\equiv}C{-}H$$

एथीन  एथाइन

ऐसे हाइड्रोकार्बनों को **ऐल्कीन** कहते हैं जिनके दो कार्बन परमाणुओं के मध्य में एक द्विआबंध होता है। एथीन, $C_2H_4$, प्रोपीन, $C_3H_6$, ब्यूटीन, $C_4H_8$ इत्यादि इस श्रेणी के प्रथम कुछ सदस्य हैं। आप यहाँ पर ध्यान देगें कि इस श्रेणी में भी प्रत्येक सदस्य अपने पूर्व एवं पश्चात् सदस्यों से केवल एक $-CH_2-$ समूह के अंतर वाला है। ऐल्कीन श्रेणी का सामान्य सूत्र $C_nH_{2n}$ है।

ऐसे हाइड्रोकार्बनों को **ऐल्काइन** कहते हैं जिसके दो कार्बन परमाणुओं के मध्य में एक त्रिआबंध होता है। उदाहरणार्थ, एथाइन ($C_2H_2$) प्रोपाइन ($C_3H_4$) ब्यूटाइन ($C_4H_6$) इत्यादि। इस श्रेणी का सामान्य सूत्र $C_nH_{2n-2}$ है। ऐल्कीन एवं ऐल्काइन समजातीय श्रेणियों के प्रथम छः कार्बन तक के सदस्य निम्न हैं :

| ऐल्कीन | | ऐल्काइन | |
|---|---|---|---|
| *आण्विक सूत्र* | *नाम* | *आण्विक सूत्र* | *नाम* |
| $C_2H_4$ | एथीन | $C_2H_2$ | एथाइन |
| $C_3H_6$ | प्रोपीन | $C_3H_4$ | प्रोपाइन |
| $C_4H_8$ | ब्यूटीन | $C_4H_6$ | ब्यूटाइन |
| $C_5H_{10}$ | पेंटीन | $C_5H_8$ | पेंटाइन |
| $C_6H_{12}$ | हेक्सीन | $C_6H_{10}$ | हेक्साइन |

ऐल्केनों की भाँति, ऐल्कीनों एवं ऐल्काइनों में भी **समावयवीकरण की परिघटना** होती है। उदाहरणार्थ, ब्यूटीन $C_4H_8$ ,के निम्न **तीन** समावयव होते हैं।

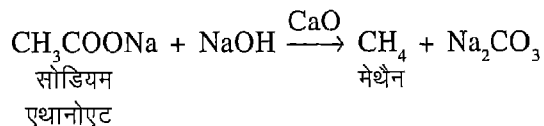
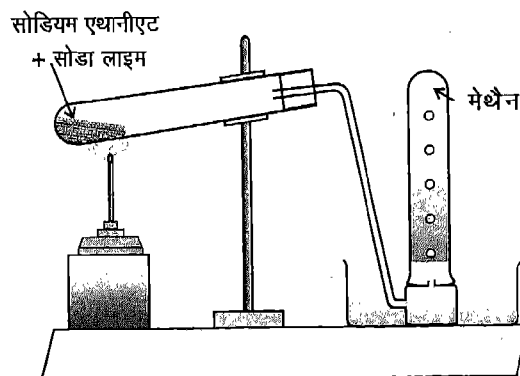
$$CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 \quad CH_2{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \quad CH_2{=}C(CH_3)\text{-}CH_3$$

इसी प्रकार ब्यूटाइन के निम्न दो समावयव होते हैं

$$CH{\equiv}C\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \qquad CH_3\text{-}C{\equiv}C\text{-}CH_3$$

### 19.3.2 मेथैन

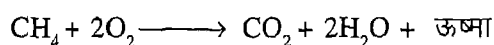
मेथैन एक सरलतम हाइड्रोकार्बन है जिसका आण्विक सूत्र $CH_4$ है। चूंकि यह कच्छ क्षेत्रों में पाया जाता है अतः इसे **मार्श गैस** (marsh gas) कहते हैं। पेट्रोलियम के साथ-साथ यह अवसादी शैल स्तरों (sedimentary traps) में भी पाया जाता है अतः इसे प्राकृतिक गैस कहते हैं। गोबर गैस नामक **जैव गैस** (biogas) का भी यह प्रमुख संघटक होता है।

**बनाने की विधि** : सोडियम एथानोएट को सोडा लाइम (सोडियम हाइड्रॉक्साइड एवं कैल्सियम ऑक्साइड के 3:1 अनुपात का एक मिश्रण) के साथ गर्म करने पर मेथैन गैस प्राप्त होती है। जैसा कि निम्न समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया गया है :

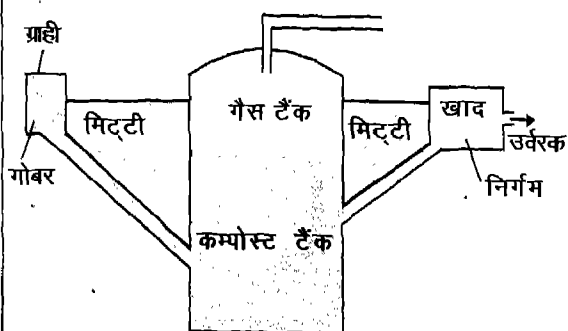
$$\underset{\text{सोडियम एथानोएट}}{CH_3COONa} + NaOH \xrightarrow{CaO} \underset{\text{मेथैन}}{CH_4} + Na_2CO_3$$

**क्रियाकलाप 19.2** : सोडियम एथानोएट एवं सोडा लाइम प्रत्येक के दो-दो ग्राम एक कठोर काँच की परखनली में लीजिए तथा चित्र 19.4 की भाँति उपकरण व्यवस्थित कीजिए।

*चित्र 19.4 : मेथैन गैस बनाने का उपकरण जिसमें एक अभिक्रिया नली, जल-द्रोणिका, छेददार आसन और उस पर उलटकर रखी हुई एक नली।*

मिश्रण को गर्म कीजिए एवं निर्मित गैस को जल की अधोमुखी (downward displacement) विस्थापन विधि द्वारा तीन परखनलिकाओं में एकत्रित कीजिए। प्राप्त गैस के वर्ण एवं गंध का प्रेक्षण कीजिए। इस गैस से भरी हुए परखनली के मुँह पर दियासलाई की बत्ती जलाकर यह परीक्षण कीजिए कि यह गैस दहनशील है अथवा नहीं। आप क्या प्रेक्षित करते हैं ?

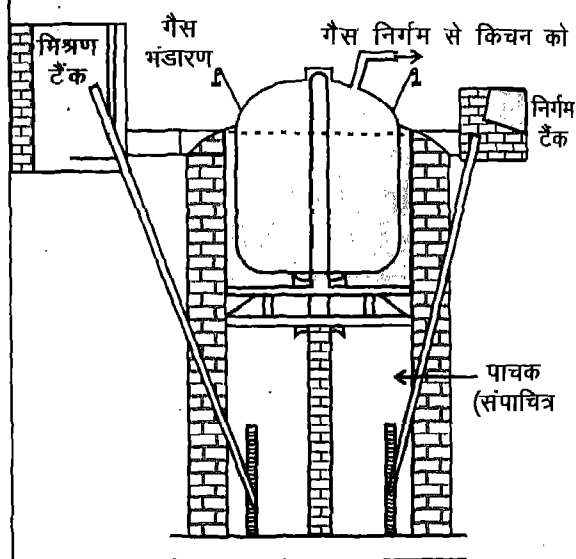
मेथैन एक वर्णहीन एवं गंधहीन गैस है। यह वायु से हल्की तथा जल में अविलेय होती है। इसी कारण इसको जल की अधोमुखी विस्थापन विधि द्वारा एकत्रित करते हैं। मेथैन वायु में दहन के उपरांत जल एवं कार्बन डाइऑक्साइड प्रदान करती है।

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + \text{ऊष्मा}$$

**जैवगैस**

जैवगैस (Biogas) में लगभग 65 प्रतिशत मेथैन होती है। यह जीवों एवं पौधों के अपशिष्टों के अवायवीय निम्नीकरण (anaerobic degradation) से उत्पन्न होती है। हाइड्रोजन, नाइट्रोजन एवं कार्बन डाइऑक्साइड जैवगैस के अन्य संघटक हैं। जैवगैस उत्पादन के लिए दो प्रकार के अभिकल्पित सयंत्र उपलब्ध हैं : (i) स्थिर गुंबदी (fixed dome) एवं (ii) प्लावमान गैस-टंकी (floating gasholder) (चित्र 19.5)।

संयंत्र के मुख्य टंकी में गोबर (dung) का कर्दम (slurry) एवं जल डाला जाता है। उत्पन्न

*चित्र 19.5 (a) : स्थिर गुम्बद प्रकार का जैवगैस प्लान्ट।*

गोबर गैस को गुंबद में अथवा इस्पात (steel) की गैस टंकी में एकत्रित किया जाता है। तत्पश्चात उसे उपयोग में लाने के लिए धातु पाइपों (नलों) द्वारा वितरित करते हैं। मुख्य टंकी कंक्रीट या इस्पात से निर्मित होती है इसे पाचक या संपाचित्र (digester) टंकी भी कहते हैं। जैव गैस उत्पादन के लिए मानव उत्सर्ग (मल) तथा अन्य व्यर्थ जैव मात्राओं (biomass) का भी उपयोग करते हैं।

जैवगैस एक अच्छा घरेलू ईंधन है। गैस उत्पादन के पश्चात् टंकी में बचा हुआ कर्दम भी एक अच्छा खाद होता है क्योंकि इसमें बहुत से नाइट्रोजन एवं फॉस्फोरस के यौगिक होते हैं। एक आकलन के अनुसार, चूँकि भारतवर्ष

*चित्र 19.5 (b) : स्टील के तैरते हुए पात्र के प्रकार का प्लान्ट। गैस की टंकी, संपाचित्र मिश्रण का प्रवेश द्वार और खाद निर्गम टैंक।*

में सर्वाधिक जानवर पाए जाते हैं अतः देहाती घरेलू ऊर्जा खपत का लगभग 75 प्रतिशत, गोबर गैस संयंत्रों से प्राप्त किया जा सकता है।

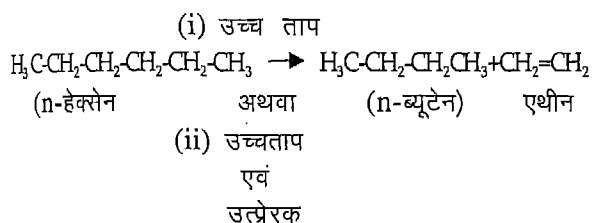
### 19.3.3 एथीन

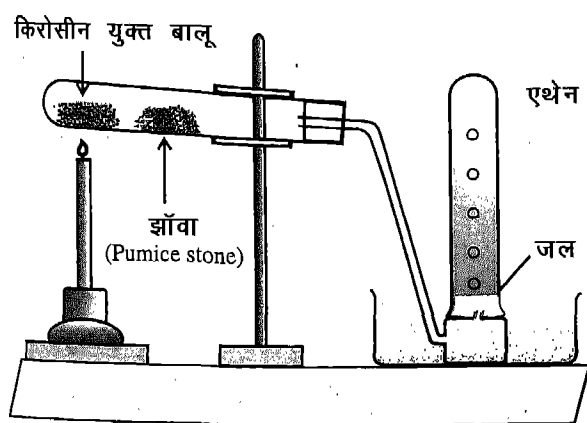
एथीन ($C_2H_4$) एक असंतृप्त हाइड्रोकार्बन है।

**बनाने की विधि :** किरोसीन के भंजन प्रक्रम (cracking process) से एथीन प्राप्त होती है। इस

भंजन प्रक्रम में अधिक कार्बन परमाणु युक्त ऐल्केनों को उच्च ताप पर गर्म करते हैं जिससे वे टूट-टूट कर ऐसे हाइड्रोकार्बनों की उत्पत्ति करते हैं जिनमें कार्बन परमाणुओं की संख्या कम होती है। यह भंजन प्रक्रम दो प्रकार का होता है : (i) **तापीय भंजन** और (ii) **उत्प्रेरकीय भंजन**। जब उच्च ऐल्केनों को उच्च ताप पर बिना उत्प्रेरक के भंजन कराते हैं तो ऐसे भंजन प्रक्रम को **तापीय भंजन** (thermal cracking) कहते हैं और यही प्रक्रम जब उत्प्रेरक की उपस्थिति में संपन्न होता है तो इसे **उत्प्रेरकीय भंजन** (catalytic cracking) कहते हैं। भंजन करने पर हैक्सेन से ब्यूटेन और एथीन प्राप्त होता है।

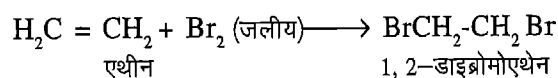
$$H_3C\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \xrightarrow[\text{(ii) उच्चताप एवं उत्प्रेरक}]{\text{(i) उच्च ताप}} H_3C\text{-}CH_2\text{-}CH_2CH_3 + CH_2{=}CH_2$$

(n-हेक्सेन    अथवा    (n-ब्यूटेन)    एथीन

किरोसिन में लंबी कार्बन शृंखला वाले हाइड्रोकार्बन होते हैं और ये भंजन करने पर एक उत्पाद के रूप में एथीन देते है।

**क्रियाकलाप 19.3** : सर्वप्रथम एक क्वथन नली में 3 मिलीलिटर किरोसिन तथा एक भरी हुई चम्मच बालू मिलाएँ। तत्पश्चात् इस क्वथन नली में कुछ पॉर्सिलेन-संपुटिकाएँ (टुकड़े) (porcelain pieces) अथवा झाँवा (pumice stone) डाल कर इसको चित्र 19.6 की भाँति व्यवस्थित कीजिए।

*चित्र 19.6 : एथेन गैस बनाने का उपकरण जिसमें अभिक्रिया नली, जल-द्रोणिका, छेददार आसन और एक नली उलट कर उस पर रखी हुई है।*

सर्वप्रथम झाँवा को रक्ततप्त होने तक गर्म कीजिए। उसके पश्चात् किरोसिनयुक्त बालू को गर्म कीजिए। फिर बालू एवं झाँवा को विकल्पतः बार-बार गर्म कीजिए जिसके परिणामस्वरूप, किरोसिन की वाष्प जब गर्म झाँवा के ऊपर से गुजरती है तो किरोसिन के अणु टूट-टूट कर अन्य अणुओं के साथ एथीन अणुओं को निर्मित करते हैं। इस प्राप्त एथीन को चार परखनलियों में जल के अधोमुखी विस्थापन विधि द्वारा एकत्रित कीजिए। इस गैस के वर्ण एवं गंध का प्रेक्षण कीजिए। उपरोक्त परखनलियों में से एक गैस युक्त परखनली में बूँद-बूँद करके ब्रोमीन-जल डालिए तथा उसे हिलाइए। अब आप क्या देखते हैं?

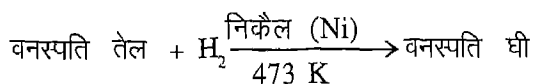
एथीन एक वर्णहीन तथा गंधहीन गैस है। यह ब्रोमीन-जल के रंग को विरंजित (decolourise) करती है। एथीन के कार्बन–कार्बन द्विआबंध पर ब्रोमीन का एक अणु योग कर एक वर्णहीन डाइब्रोमो यौगिक बनाता है जिसका नाम 1, 2–डाइब्रोमोएथेन है। इस अभिक्रिया को ब्रोमीनीकरण कहते हैं।

$$\underset{\text{एथीन}}{H_2C = CH_2} + Br_2\,(\text{जलीय}) \longrightarrow \underset{\text{1, 2–डाइब्रोमोएथेन}}{BrCH_2\text{-}CH_2Br}$$

वह अभिक्रिया जिसमें एक अभिकारक अणु दूसरे अभिकारक अणु के साथ पूर्ण रूप से योग करके नया उत्पाद बनाता है, ऐसी अभिक्रिया को **संकलन अभिक्रिया** (addition reaction) कहते हैं। पोटैशियम परमेंगनेट के क्षारीय विलयन का वर्ण भी एथीन द्वारा विरंजित हो जाता है। पोटैशियम परमेंगनेट के जलीय विलयन में जब किसी क्षार विलयन (जैसे कि सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन) को मिलाते हैं तो वह विलयन क्षारीय पोटैशियम परमेंगनेट विलयन कहलाता है। किसी कार्बनिक यौगिक द्वारा जब (i) ब्रोमीन एवं (ii) पोटैशियम परमेंगनेट विलयन के वर्ण विरंजित हो जाते हैं तो इससे पता चलता है कि उक्त उस कार्बनिक यौगिक में असंतृप्ता उपस्थित है।

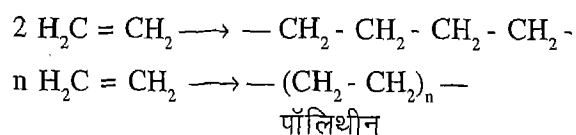
हाइड्रोजन उत्प्रेरक की उपस्थिति में एथीन के साथ अभिक्रिया करके एथेन प्रदान करती है।

$$\underset{\text{एथीन}}{H_2C = CH_2} + H_2 \xrightarrow[473K]{\text{निकैल (Ni)}} \underset{\text{एथेन}}{H_3C - CH_3}$$

एक द्विआबंध अथवा त्रिआबंध पर हाइड्रोजन के संकलन क्रिया को **हाइड्रोजनीकरण** (hydrogenation) कहते हैं। मूँगफली, कपास एवं सरसों के तेलों में भी कार्बन–कार्बन द्विआबंध (C=C) उपस्थित होते हैं। अतः ऐसे वनस्पति तेलों से निकैल उत्प्रेरक की उपस्थिति में **हाइड्रोजनीकरण (उत्प्रेरकीय हाइड्रोजनीकरण)** द्वारा वनस्पति घी प्राप्त होता है।

$$\text{वनस्पति तेल} + H_2 \xrightarrow[473\ K]{\text{निकैल (Ni)}} \text{वनस्पति घी}$$

एथीन अणु भी आपसी संकलन अभिक्रिया द्वारा दीर्घ कार्बन शृंखलायुक्त वृहद यौगिक अणु निर्मित करते हैं। इस अभिक्रिया के द्वारा एथीन अणुओं से उच्च अणु द्रव्यमान ग्राम आण्विक द्रव्यमान युक्त यौगिक प्राप्त होते हैं। इस प्रकार की अभिक्रिया को **बहुलकीकरण** (polymerisation) कहते हैं तथा उत्पाद को **बहुलक** (polymer) कहते हैं। एथीन के बहुलक को **पॉलिथीन** कहते हैं।

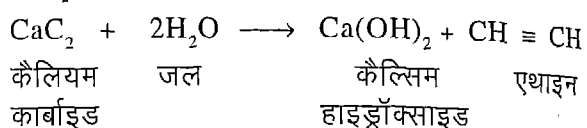
$$2\ H_2C = CH_2 \longrightarrow -CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$$

$$n\ H_2C = CH_2 \longrightarrow \underset{\text{पॉलिथीन}}{-(CH_2 - CH_2)_n-}$$

पॉलिथीन का उपयोग संपुटन (packaging) पदार्थों एवं पात्रों के बनाने के लिए होता है। इससे बहुत सारे घरेलू उत्पादों को भी निर्मित करते हैं।

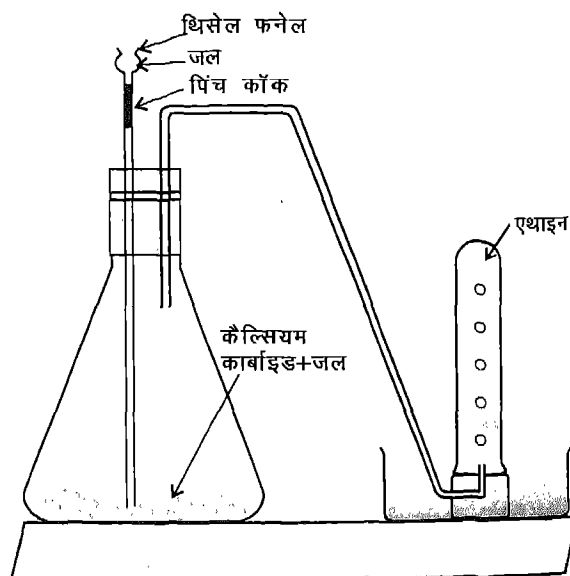
### 19.3.4 एथाइन

एथाइन ($C_2H_2$) भी एक असंतृप्त हाइड्रोकार्बन है और एक सरलतम ऐल्काइन है।

**बनाने की विधि :** कैल्सियम कार्बाइड पर जल की क्रिया से एथाइन प्राप्त होता है।

$$\underset{\text{कैलियम कार्बाइड}}{CaC_2} + \underset{\text{जल}}{2H_2O} \longrightarrow \underset{\text{कैल्सिम हाइड्रॉक्साइड}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{एथाइन}}{CH \equiv CH}$$

**क्रियाकलाप 19.4 :** एक शंक्वाकार फ्लास्क में कैल्सियम कार्बाइड के 2-3 छोटे–छोटे टुकड़े रखकर उसे चित्र 19.7 की भाँति व्यवस्थित कीजिए। उसमें जल की 2-3 बँदें डालिए और प्राप्त गैस को जल के अधोमुखी विस्थापन विधि से 3-4 परखनलियों में एकत्रित कीजिए। इस प्राप्त गैस के वर्ण एवं गंध का प्रेक्षण कीजिए। उपरोक्त गैसयुक्त परख-नलियों में से एक परखनली के मुँह के ऊपर जलती हुई दियासलाई की बत्ती लाइए तथा प्रेक्षण कीजिए कि क्या होता है ?

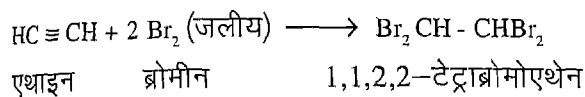
एथाइन एक वर्णहीन एवं गंधहीन गैस है। यह वायु से हल्की तथा जल में अविलेय है। यह वायु में दहित होकर ज्योतिहीन ज्वाला उत्पन्न करती है।

**संकलन अभिक्रियाएँ :** एथीन की भाँति एथाइन भी सभी संकलन अभिक्रियाओं को प्रदर्शित करती

*चित्र 19.7 : एथाइन गैस बनाने का उपकरण जिसमें थिसेल फनेल तथा निकास नली लगी हुई अभिक्रिया फ्लास्क, जल से भरी हुई द्रोणिका, छेददार आसन और एक नली जो उलट कर उस पर रखी है।*

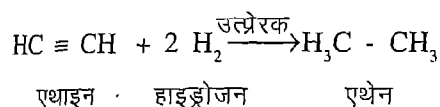
है। एथाइन युक्त एक परखनली में ब्रोमीन-जल की कुछ बूँदें डालकर हिलाने पर आप क्या देखते हैं ?

कार्बन–कार्बन त्रिआबंध पर ब्रोमीन की संकलन अभिक्रिया संपन्न होने के फलस्वरूप ब्रोमीन जल का भूरा-लाल वर्ण विरंजित हो जाता है

$$HC \equiv CH + 2\,Br_2\,(\text{जलीय}) \longrightarrow Br_2CH - CHBr_2$$

एथाइन ब्रोमीन 1,1,2,2–टेट्राब्रोमोएथेन

एथाइन उत्प्रेरक की उपस्थिति में हाइड्रोजन से अभिक्रिया करके एथेन प्रदान करती है। एक कार्बन-कार्बन त्रिआबंध पर दो हाइड्रोजन अणुओं का संकलन संपन्न होता है।

$$HC \equiv CH + 2\,H_2 \xrightarrow{\text{उत्प्रेरक}} H_3C - CH_3$$

एथाइन हाइड्रोजन एथेन

एथाइन को ऑक्सीजन के साथ मिश्रित कर दहन कराने से *ऑक्सी-ऐसीटिलीन नामक ज्वाला* उत्पन्न होती है जिसका उपयोग धातुओं के वेल्डिंग (welding) के लिए किया जाता है। एथाइन का उपयोग पलास्टिकों के निर्माण में भी किया जाता है।

**प्रश्न**

1. हाइड्रोकार्बन क्या होते हैं ?
2. ऐल्केन, ऐल्कीन तथा ऐल्काइन के सामान्य सूत्र दीजिए।
3. संतृप्त एवं असंतृप्त हाइड्रोकार्बन क्या होते हैं? इनमें विभेद करने के लिए एक रासायनिक परीक्षण दीजिए।
4. *समजातीय श्रेणी का क्या तात्पर्य है ?*
5. ब्यूटेन से उच्च समजात का नाम एवं आण्विक सूत्र दीजिए।
6. निम्न को ऐल्केन, ऐल्कीन एवं ऐल्काइन में वर्गीकृत कीजिए –
   $CH_4$, $C_2H_4$ , $C_2H_2$, $C_2H_6$, $C_3H_4$
7. मेथैन, एथीन एवं एथाइन के विरचन की रासायनिक अभिक्रियाओं को लिखिए। मेथैन एक दहनशील गैस है इसका आप कैसे परीक्षण करेंगे ?
8. एथेन गैस को जल के अधोमुखी विस्थापन *विधि से क्यों एकत्रित किया जाता है?*
9. हाइड्रोजन की परिभाषा दीजिए। इसके औद्योगिक अनुप्रयोग क्या हैं ?
10. आप संकलन अभिक्रिया से क्या समझते हैं?

## आपने क्या सीखा

- कोयला तथा पेट्रोलियम अनवीकरणीय ऊर्जा की दो महत्त्वपूर्ण प्राकृतिक संपदाएँ हैं।
- कोयले के भंजक आसवन से कोक, कोलतार कोल गैस एवं अमोनिया जैसे महत्त्वपूर्ण उत्पाद प्राप्त होते हैं।
- प्रभाजी आसवन द्वारा पेट्रोलियम को अनेक प्रभाजों में विभाजित किया जाता है। पेट्रोलियम के इन प्रभाजों के अनेक महत्त्वपूर्ण उपयोग हैं।
- हाइड्रोकार्बनों के दहन से प्राप्त ऊष्मीय ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करके, उसको अनेक प्रकार के तकनीकी (प्रौद्योगिकीय) अनुप्रयोगों के लिए उपयोग में लाया जाता है।
- हाइड्रोकार्बनों के दहन से कुछ हानिकारक गैसों का मिश्रण प्राप्त होता है जिससे पर्यावरण का प्रदूषण होता है।
- शृंखलन कार्बन का वह गुणधर्म होता है जिसके कारण एक कार्बन परमाणु दूसरे कार्बन परमाणु के साथ आबंध निर्मित करता है। जिसके फलस्वरूप विवृत शृंखला, शाखित शृंखला एवं वलय संरचनाओं की उत्पत्ति होती

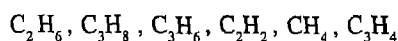
है। इसी गुणधर्म के कारण कार्बन विशाल यौगिक भंडार निर्मित करता है।

- हाइड्रोकार्बनों को संतृप्त, असंतृप्त एवं ऐरोमैटिक हाइड्रोकार्बनों में वर्गीकृत किया जाता है।

- ऐल्केन, ऐल्कीन तथा ऐल्काइन हाइड्रोकार्बनों की विभिन्न समजातीय श्रेणियाँ हैं। ऐल्केन संतृप्त हाइड्रोकार्बनों को निरूपित करता है जबकि ऐल्कीन एवं ऐल्काइन असंतृप्त हाइड्रोकार्बनों को निरूपित करते हैं।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

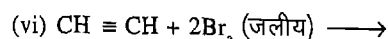
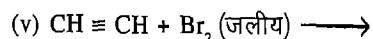
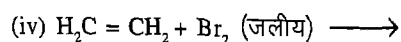
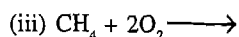
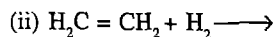
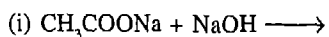
1. भंजन का क्या तात्पर्य है ? उदाहरण सहित समझाइए।
2. पेट्रोलियम के विभिन्न प्रभाजों का विवरण दीजिए तथा उनके उपयोगों का उल्लेख भी कीजिए।
3. आप मेथैन एवं एथीन में रसायनतः विभेद कैसे करेंगे ?
4. ऐल्काइन क्या होते हैं ?
5. नार्मल ब्यूटेन के समावयवों के संरचनात्मक सूत्र लिखिए।
6. सरलतम ऐल्कीन एवं ऐल्काइन के रासायनिक सूत्र लिखिए।
7. कारण सहित समझाइए कि एथीन ब्रोमीन जल के वर्ण को विरंजित कर देता है जबकि मेथैन एवं एथेन ऐसा नही कर पाते।
8. संकलन अभिक्रिया से क्या तात्पर्य है ? निम्न हाइड्रोकार्बनों मे से कौन-कौन से हाइड्रोकार्बन संकलन अभिक्रिया प्रदर्शित करते हैं:

   $C_2H_6$, $C_3H_8$, $C_3H_6$, $C_2H_2$, $CH_4$, $C_3H_4$
9. मार्शगैस क्या होती है ?
10. हाइड्रोजनीकरण क्या होता है ? इसके औद्योगिक उपयोगों का वर्णन कीजिए।
11. निम्न समीकरणों को पूर्ण कीजिए।

    (i) $CH_3COONa + NaOH \longrightarrow$

    (ii) $H_2C = CH_2 + H_2 \longrightarrow$

    (iii) $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow$

    (iv) $H_2C = CH_2 + Br_2$ (जलीय) $\longrightarrow$

    (v) $CH \equiv CH + Br_2$ (जलीय) $\longrightarrow$

    (vi) $CH \equiv CH + 2Br_2$ (जलीय) $\longrightarrow$
12. एल. पी. जी. एवं प्राकृतिक गैस के उपयोगों का वर्णन कीजिए।
13. एक यौगिक X का आण्विक सूत्र $C_3H_6$ है। इस X यौगिक का एक मोल ब्रोमीन के एक मोल से अभिक्रिया के उपरांत यौगिक Y प्रदान करता है। यौगिक X तथा Y की संरचनाओं का निगमन (deduce) कीजिए।

14. निम्न प्रकार के हाइड्रोकार्बनों में से प्रत्येक का एक-एक उदाहरण दीजिए।

    (i) विवृत शृंखला (ii) शाखित शृंखला, एवं (iii) वलय संरचना।

15. बहुलक का क्या तात्पर्य है ? एक उदाहरण दीजिए।

16. एल. पी. जी. एवं प्राकृतिक गैस के रासायनिक संघटनों में क्या अंतर है ?

17. ब्रोमीनीकरण का क्या तात्पर्य है ? प्रोपीन के ब्रोमीनीकरण से उत्पन्न उत्पाद का संरचनात्मक सूत्र लिखिए।

18. $C_3H_4$ के निम्नतर एवं उच्चतर समजातों के नाम एवं आण्विक सूत्र लिखिए।

19. कोयलों के वर्गीकरण का क्या आधार है ? इसकी विभिन्न किस्मों को लिखिए।

20. किसी वनस्पति तेल के एक अणु में दो कार्बन–कार्बन द्विआबंध हैं। इस तेल के एक मोल के संपूर्ण हाइड्रोजनीकरण के लिए हाइड्रोजन गैस के कितने मोलों की आवश्यकता होगी ?

अध्याय

# खाद्य संसाधन : फसल उत्पादन प्रणाली (Food Resources : Crop Production System)

खाद्य (भोजन) प्रत्येक जीवधारी की मूल आवश्यकता है। भोजन की आवश्यकता पूरी करने के लिए आदि मानव ने पशुओं का शिकार करना आरंभ किया और पेड़ों के फल और जड़ों का उपयोग भोजन के रूप में करने लगा। जैसा कि आप अध्याय 16 में पढ़ चुके हैं भोजन से हमारे शरीर की विभिन्न आवश्यकताएँ पूरी होती हैं। यह हमारे शरीर की वृद्धि और विकास के लिए आवश्यक है। शरीर में होने वाली टूट-फूट की मरम्मत और रोगों से बचाव के लिए भोजन की आवश्यकता होती है। भोजन से प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, विटामिन, लवण और जल के रूप में पोषक तत्व मिलते हैं।

## 20.1 भोजन हेतु पौधों और पशुओं पर निर्भरता

सभी जीवधारियों में केवल पौधे ही स्वपोषी हैं क्योंकि वे अपना भोजन स्वयं बनाते हैं। जबकि पशु और मानव परपोषी हैं क्योंकि वे भोजन के लिए पौधों और दूसरे पशुओं पर निर्भर रहते हैं। भोजन अर्जित करने के लिए आदिकाल से ही मानव खेती और पशु पालन करता आया है। खाद्य आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु हम प्रति वर्ष 36 करोड़ टन पौधों के उत्पाद और 88 लाख टन पशुओं के उत्पाद पैदा करते हैं (सारणी 20.1)।

जैसा कि हम जानते हैं पौधे हमारे भोजन का मुख्य स्रोत हैं। इसलिए हमें अपनी खाद्य आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु फसलों का उत्पादन बढ़ाने की आवश्यकता है। एक ही प्रकार के पौधों को व्यापक क्षेत्र पर उगाने को फसल कहते हैं। परन्तु फसलों के सफल उत्पादन के लिए यह जानना आवश्यक है कि फसल कैसे उगती है, विभिन्न कारक फसल को कैसे प्रभावित करते हैं और प्रत्येक कारक का कैसे परिवर्तन या प्रबंधन किया जाए। मृदा एवं वायुमण्डलीय पर्यावरण के पौधे (संरचनात्मक और कार्यिकी) पर पड़ने वाले प्रभाव का समुचित दोहन करके प्रति इकाई क्षेत्र में अधिकतम फसल उत्पादन का मुख्य ध्येय हैं। यह कार्य उचित कृषि पद्धति अपनाकर और पोषक तत्वों एवं सिंचाई हेतु जल के कुशल प्रबंधन द्वारा किया जा सकता है।

## 20.2 पोषक तत्व–पौधों का भोजन

पौधों के भोजन में कुछ रासायनिक तत्व होते हैं जिन्हें पौधों के पोषक तत्व कहते हैं। यद्यपि पौधे काफी तत्वों को ग्रहण करते हैं परंतु पोषण के लिए इनमें से केवल 16 तत्व ही पौधे के लिए आवश्यक पाए गए हैं। यहाँ यह प्रश्न आता है कि आप कैसे जानेंगे कि कौन-सा तत्व आवश्यक है। पौधे के लिए वही तत्व आवश्यक माना

सारणी 20.1 : भारत में खाद्य उत्पादन।

| भारत में वर्ष 1999 में खाद्य उत्पादन | | | |
|---|---|---|---|
| *पौधों के उत्पाद* | *टन* | *पशु–उत्पाद* | *टन* |
| धान्य | 20 करोड़ 30 लाख | मांस | 47 लाख |
| कंद-मूल | 2 करोड़ 97 लाख | मुर्गी का मांस | 5 लाख 50 हजार |
| दालें | 1 करोड़ 61 लाख | दूध | 7 करोड़ 72 लाख |
| खाद्य तेल | 91 लाख | पकड़ी गई मछली | 32 लाख |
| फल | 3 करोड़ 86 लाख | पाली गई मछली | 20 लाख |
| सब्जी | 5 करोड़ 94 लाख | | |
| **योग** | **35 करोड़ 59 लाख** | योग | **8 करोड़ 76 लाख 50 हजार** |

जाएगा जिसमें निम्नलिखित लक्षण होंगे :

1. तत्व के अभाव में पौधा जीवन चक्र न पूरा कर सके।
2. तत्व विशेष की कमी मात्र उसी तत्व के देने से पूरी हो सके।
3. तत्व का पौधे के पोषण और उपापचय (Metabolism) पर सीधा प्रभाव पड़ता हो।

पौधों को ये तत्व तीन विभिन्न स्रोतों–वायु, जल और मिट्टी से प्राप्त होते हैं। विभिन्न स्रोतों से प्राप्त पोषक तत्वों को सारणी 20.2 में दर्शाया गया है।

सारणी 20.2 : पोषक तत्वों के साधन।

| वायु | जल | मिट्टी |
|---|---|---|
| कार्बन ऑक्सीजन | हाइड्रोजन | नाइट्रोजन, फॉस्फोरस पोटैशियम, कैल्शियम, मैग्नीशियम, गंधक, लौह, मैंग्नीज़, बोरॉन, जस्ता, ताँबा, मालिब्डिनम और क्लोरीन |

इस सारणी से स्पष्ट होता है कि पौधे, मिट्टी से 13 पोषक तत्व लेते हैं और वायु तथा जल से केवल 3 तत्व लेते हैं। वायु और जल से उपलब्ध पोषक तत्व संख्या में भले ही कम हों परंतु पौधों के लिए बहुत महत्त्वपूर्ण हैं क्योंकि पौधे के कुल ऊतक (Tissue) का 94-99.5 प्रतिशत भाग ये पोषक तत्व ही होते हैं। पौधे के शेष ऊतक का भाग (0.5 से 6 प्रतिशत) मिट्टी से प्राप्त पोषक तत्व बनाते हैं। इन 13 पोषक तत्वों की मिट्टी में उपलब्धता का सीधा प्रभाव पौधे की वृद्धि पर पड़ता है।

### 20.2.1 पोषक तत्वों का वर्गीकरण

पौधों को मिट्टी से प्राप्त होने वाले 13 पोषक तत्वों में से 6 तत्व–नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, पोटेशियम, कैल्शियम, मैग्नीशियम और गंधक अपेक्षाकृत पौधों द्वारा अधिक मात्रा में काम में लाए जाते हैं। इसलिए इन्हें स्थूल पोषक तत्व (Macro-nutrients)कहते हैं। शेष तत्व, जिन्हें पौधे कम मात्रा में प्रयोग करते हैं सूक्ष्म पोषक तत्व (Micro-nutrients) कहलाते हैं। इन पोषक तत्वों–लौह, मैंग्नीज़ बोरॉन, जस्ता, ताँबा, मॉलिब्डिनम और क्लोरीन की पौधों को कम मात्रा में आवश्यकता हो सकती है। परंतु ये तत्व भी पौधों के लिए उतने ही आवश्यक हैं जितने कि स्थूल तत्व।

**प्रश्न**

1. हमारे भोजन के विभिन्न स्रोतों के नाम बताएँ।
2. पौधों के पोषक तत्वों के विभिन्न स्रोतों की व्याख्या करें।
3. पौधों के लिए आवश्यक स्थूल और सूक्ष्म तत्व कौन-कौन से हैं ? प्रत्येक के दो उदाहरण दें।

### 20.2.2 खाद और उर्वरक

खाद और उर्वरक पौधों को पोषक तत्व प्रदान करने के मुख्य स्रोत हैं। अतः फसल उत्पादन हेतु प्रायः ये ही काम में लाए जाते हैं।

#### खाद

खादों में कार्बनिक पदार्थ अधिक होता है जिस कारण से पोषक तत्व कम मात्रा में प्रदान करते हैं। परंतु खेत को कार्बनिक पदार्थ अधिक मात्रा में मिलते हैं। खादों में–गोबर की खाद, कंपोस्ट, हरी खाद और केंचुए की खाद मुख्य हैं। इन खादों का तीन प्रकार से मिट्टी पर प्रभाव पड़ता है।

1. ये मिट्टी को पोषक तत्व प्रदान करते हैं। खादों में पोषक तत्व कम मात्रा में होते हैं इसलिए इन्हें अधिक मात्रा में देने की आवश्यकता होती है।
2. खाद मिट्टी में कार्बनिक पदार्थ की मात्रा बढ़ाते हैं। इसके कारण बलुई मिट्टी की जलधारण क्षमता और चिकनी मिट्टी की जल निकास क्षमता बढ़ती है।
3. कार्बनिक खादों से मिट्टी के सूक्ष्म जीवों को भोजन मिलता है जो कि पौधों को पोषक तत्व उपलब्ध कराने में सहायक होते हैं।

**गोबर की खाद** : गोबर की खाद पशुओं के मल-मूत्र और रात्रि के बिछावन तथा कूड़े-करकट आदि को गला-सड़ाकर तैयार की जाती है। पशुशाला से प्रतिदिन यह पदार्थ एकत्र करके एक गड्ढे में भरते रहते हैं। धीरे-धीरे यह पदार्थ सूक्ष्म जीवों की सहायता से गलता-सड़ता रहता है। अच्छी प्रकार सड़ी हुई गोबर की खाद में लगभग 0.5 प्रतिशत नाइट्रोजन (N), 0.2 प्रतिशत फॉस्फोरस ($P_2O_5$) और 0.5 प्रतिशत पोटैशियम ($K_2O$) पाया जाता है।

**कम्पोस्ट** : गाँवों और शहरों के कूड़े-करकट जैसे कि सब्जी, पशुओं के मल-मूत्र, शहरी स्राव, खरपतवार, फसलों के ठूँठ और भूसा आदि से कम्पोस्ट तैयार किया जाता है। यह एक जैविक प्रक्रिया है जिसमें वायवीय और अवायवीय दोनों ही प्रकार के सूक्ष्म जीव जैविक पदार्थ को गलाते-सड़ाते हैं। जैविक पदार्थों के गलने-सड़ने की प्रक्रिया में 3-6 महीने का समय लगता है। गाँवों के कूड़े–करकट से तैयार किए गए कम्पोस्ट में लगभग 0.5 प्रतिशत नाइट्रोजन, 0.15 प्रतिशत फॉस्फोरस और 0.5 प्रतिशत पोटैशियम होता है जबकि शहरी कूड़े-करकट से तैयार कम्पोस्ट में लगभग 1.4 प्रतिशत नाइट्रोजन, 1.0 प्रतिशत फॉस्फोरस और 1.4 प्रतिशत पोटैशियम पाया जाता है।

***कम्पोस्ट कैसे तैयार करें*** : कम्पोस्ट बनाने के लिए सुविधानुसार 4-5 m लंबा, 1.5-1.8 m चौड़ा और 1.0-1.8 m गहरा गड्ढा खोद लें। ग्रामीण या शहरी कूड़े-करकट को भली प्रकार मिलाकर 30 cm मोटी परत इस गड्ढे में फैला दें। इस परत को नम करने के लिए गोबर और पानी या मिट्टी और पानी का घोल बनाकर अच्छी प्रकार छिड़क दें। इसके ऊपर फिर इसी प्रकार कूड़े-करकट के मिश्रण की परत फैलाकर घोल से नम करते रहें। इस कूड़े-करकट से गड्ढे की सतह को 45-60 cm ऊँचा होने तक भरते रहें। इस ढेर को मिट्टी से ढक दें। तीन महीने के बाद इस कचरे को गड्ढे से निकालकर शंक्वाकार ढेर बना लें। आवश्यक हो तो इस ढेर को पानी से नम करके मिट्टी से अच्छी प्रकार ढक दें। इस प्रकार एक-दो महीने बाद खेत में डालने योग्य कम्पोस्ट खाद तैयार हो जाएगी।

**हरी खाद** : मिट्टी की उर्वरा शक्ति और भौतिक संरचना सुधारने के लिए हरे पौधों को खेत में पलटना या जुताई करना हरी खाद कहलाता है। हरी खाद के लिए उगाए जाने वाली फसलें हैं– सनई (*Crotolaria juncea*), ढेंचा (*Sesbania aculeate*) और ग्वार (*Cyamopsis tetragonoloba*) । हरी खाद के लिए फसल को खेत में उगाकर 6-8 सप्ताह बाद मुलायम अवस्था में जैसे कि फूल आने तक खेत में पलट दिया जाता है। पलटने के बाद फसल को एक-दो महीने तक दबाकर छोड़ देते हैं। इस अवधि में आगामी फसल की बुवाई से पहले हरी खाद पूरी तरह गल-सड़ जानी चाहिए। प्रायः हरी खाद लगाने के बाद अधिक पोषक तत्व चाहने वाली फसलें, जैसे– चावल, मक्का, गन्ना, कपास, गेहूँ आदि उगाई जाती हैं।

### उर्वरक

उर्वरक पौधों के पोषक तत्वों के वे स्रोत हैं जिनका उत्पादन रसायनों से किया जाता है। खादों की अपेक्षा इनमें पोषक तत्वों की मात्रा अधिक होती है। इन उर्वरकों से एक या एक से अधिक पोषक तत्वों की पूर्ति हो सकती है। पोषक तत्वों की उपलब्धता के आधार पर इन्हें निम्नलिखित वर्गों में बाँटा जा सकता है।

#### 1. नाइट्रोजनीय उर्वरक

ये उर्वरक मात्र नाइट्रोजन की पूर्ति करते हैं। अमोनियम सल्फेट, यूरिया, कैल्शियम और अमोनियम नाइट्रेट इस वर्ग के प्रमुख उर्वरक हैं।

#### 2. फॉस्फेटी उर्वरक

इन उर्वरकों से फॉस्फोरस की पूर्ति होती है, उदाहरणार्थ सिंगल सुपर फॉस्फेट, ट्रिपल सुपर फॉस्फेट और डाइ-कैल्शियम फॉस्फेट।

#### 3. पोटैशियमी उर्वरक

ये उर्वरक पौधों को पोटैशियम नामक आवश्यक पोषक तत्व उपलब्ध कराते हैं। इस वर्ग के मुख्य उर्वरक हैं– म्यूरियेट ऑफ पोटाश और पोटेशियम सल्फेट।

#### 4. जटिल उर्वरक

जब किसी उर्वरक में दो या दो से अधिक मुख्य पोषक तत्व (नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और पोटैशियम) पाए जाते हैं तो उसे जटिल उर्वरक कहते हैं। इस वर्ग के उर्वरक हैं– नाइट्रोफॉस्फेट, अमोनियम फॉस्फेट और यूरिया अमोनियम फॉस्फेट।

आधुनिक कृषि मुख्य रूप से उर्वरकों पर निर्भर करती है। यद्यपि इन उर्वरकों की अधिक मात्रा से फसलों की उपज बढ़ती है परंतु ये रसायन सिंचाई और वर्षा के जल द्वारा बहकर नदियों, तालाबों आदि में पहुँचकर उन्हें प्रदूषित करते हैं और पारितंत्र (ecosystem) का संतुलन बिगाड़ते हैं। इसलिए इन उर्वरकों का प्रयोग सावधानीपूर्वक आवश्यक मात्रा में ही करना चाहिए।

**क्रियाकलाप**

अपने अध्यापक के साथ निकट के खेत या फार्म पर जाएँ और किसान से पोषक तत्वों के विभिन्न स्रोतों के बारे में चर्चा करें।

**प्रश्न**

1. पौधों के लिए पोषक तत्वों के विभिन्न स्रोतों के नाम बताइए।
2. खाद प्रयोग करने के क्या लाभ हैं ?
3. फसलों को नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और पोटैशियम प्रदान करने वाले दो-दो उर्वरकों के नाम बताएँ।
4. खाद और उर्वरक में अंतर बताएँ।

## 20.3 जल

भारत में सतह जल के व्यापक संसाधन हैं। यहाँ पर 12 मुख्य नदियों और 8 संयुक्त नदियों के द्वारा सिंचित मैदान (Basin) हैं। हमारे देश के कुल जल संसाधनों में भूमिगत जल का भी महत्त्वपूर्ण योगदान रहता है। जिसकी पुनर्भरण पूर्ति वर्षा से होती है। हमारे देश में कुल फसली क्षेत्र के 55 प्रतिशत से भी अधिक भाग में सिंचाई की सुविधा नहीं है। अतः इन क्षेत्रों में फसल उत्पादन वर्षा पर निर्भर करता है।

मिट्टी और जल प्रबंधन एवं अन्य लागतों की उपयुक्त प्रौद्योगिकी को अपनाए बिना केवल जल से ही काम नहीं चल सकता। परंतु प्रचलित सिंचाई प्रणाली और खेत में दिए गए जल की क्षमता इसके समुचित प्रयोग द्वारा बढ़ाई जा सकती है। सिंचाई के जल की क्षमता नीचे दिए उपायों द्वारा बढ़ाई जा सकती है–

1. उपयुक्त फसल और फसल प्रणाली का चुनाव करके।
2. उपयुक्त समय पर जल की उचित मात्रा द्वारा सिंचाई करके।
3. खरपतवारों की रोकथाम करके।
4. विभिन्न कृषि कार्यों का समय निर्धारित करके।
5. नाशी जीवों (कीट-रोगों) की रोकथाम करके।

### 20.3.1 सिंचाई प्रणाली

भारत में विशाल जल और भू-संसाधन है। यहाँ जलवायु भी विभिन्न प्रकार की है। ऐसी परिस्थिति में कृषि भूमि में जलापूर्ति हेतु बहुत-सी सिंचाई प्रणालियाँ अपनाई जाती हैं। ये सिंचाई प्रणालियाँ हैं–

**नहर प्रणाली**

नहर प्रणाली में नहरों को जलाशयों या नदियों से जल मिलता है। जल ले जाने का यह एक व्यापक और विस्तृत तरीका है। मुख्य नहर से छोटी नहर और छोटी नहरों से शाखा नहरें निकाली जाती हैं। इनसे फिर विभिन्न दिशाओं में पानी ले जाने के लिए बड़ी नाली निकाली जाती है। इन्हीं बड़ी नालियों से खेतों तक पानी पहुँचाने वाली नाली बनाई जाती है। जिससे आस-पास के खेतों में सिंचाई की जाती है। नहर द्वारा सिंचाई किए जाने वाले क्षेत्रों में जब पानी की पूर्ति अपर्याप्त होती है तो सभी खेतों में पानी उपलब्ध कराने के लिए वार (दिन) निश्चित करके बारी-बारी से सिंचाई करते हैं।

**तालाब**

तालाब छोटे जलाशय को कहते हैं जिसमें आस-पास के क्षेत्र का जल एकत्र होता रहता है। आस-पास के क्षेत्र के अधिक उठे हुए भाग के नीचे छोटे बाँध बना दिए जाते हैं जिनमें बहकर जल एकत्र हो जाता है। तालाबों के जल के बाहर होने वाले बहाव को जल की उपलब्धता के अनुसार नियंत्रित किया जाता है। अन्यथा जल का वितरण असमान होता है। यदि जल का वितरण समान नहीं होगा तो बहाव के अंतिम सिरे पर जल की कमी रहेगी और ऊपर के भाग में अधिकता रहेगी।

**कुएँ**

जिन क्षेत्रों में भूमिगत जल उपलब्ध होता है वहाँ पर कुएँ बनाए जाते हैं। कुएँ दो प्रकार के होते हैं– खोदे हुए कुएँ और नलकूप। भूमि में कुएँ खोदकर जल स्रोत से पानी एकत्र किया जाता है। इन कुओं का तल भूमिगत जल के स्तर से नीचा होता है। उथले (ऊपरी) स्रोत से रिस-रिस कर पानी गड्ढे में एकत्र होता रहता है। इन कुओं से सिंचाई के लिए पानी यांत्रिक साधनों जैसे कि बैलों द्वारा चालित मशीन (रहट) से ऊपर उठाया जाता है।

**नलकूप** (Tubewell) : गहरी सतह से पानी खींच सकता है। इन कुओं से पानी डीज़ल या बिजली (विद्युत) चालित पंपों से ऊपर उठाया जाता है। गहरे स्तर तक बनाए गए नलकूप लंबी अवधि तक निरंतर जल की पूर्ति कर सकते हैं।

### नदी घाटी प्रणाली

देश के दक्षिणी भाग में विशेषकर कर्नाटक और केरल के पश्चिमी घाट में नदियों की गहरी और संकरी घाटी पाई जाती है। इन क्षेत्रों में भारी वर्षा होती है जो कि 4-5 माह की अवधि में सघन रहती है। जिसके परिणामस्वरूप बरसात के मौसम में इन नदियों का बहाव तीव्र होता है। बरसात के बाद रबी के मौसम में ये सूख जाती हैं। इन घाटियों के ढलानों पर बहुवर्षीय फसलों जैसे कि नारियल, काफी, रबड़ और टैपियोका आदि की खेती की जाती है। तलहटी भूमि पर चावल की एक ही फसल ली जाती है।

### नदी जल उठाव प्रणाली

जिन क्षेत्रों में जलाशय में जल की कमी के कारण नहर में पर्याप्त जल नहीं रहता या अनियमित रहता है वहाँ जल उठाव प्रणाली अधिक उपयोगी रहती है। ऐसी अवस्था में नदियों के आस-पास के क्षेत्रों में सिंचाई करने के लिए सीधे नदियों से ही जल उठा लिया जाता है।

**प्रश्न**

**1.** भारत में कौन-कौन सी सिंचाई प्रणालियाँ अपनाई जाती हैं ?

## 20.4 फसल सुरक्षा

खेतों में फसलों पर भारी संख्या में कीट और रोगों का प्रकोप होता है। यदि इन पीड़क जीवों (pests) की ठीक समय पर रोकथाम न की जाए तो ये फसलों को 50-70 प्रतिशत तक क्षति पहुँचा सकते हैं। अतः कीट और रोगों की रोकथाम करना अति आवश्यक है जो कि विभिन्न उपायों से की जा सकती है। पीड़कनाशी (कीटनाशी और कवकनाशी) रसायनों (pesticides) का प्रयोग कीट और रोगों की रोकथाम का एक बहुत साधारण और प्रभावी उपाय है। इन रसायनों को या तो फसलों पर छिड़का जाता है या फिर इनसे बीज और मिट्टी का उपचार किया जाता है। तथापि हमें इन रसायनों का प्रयोग कम से कम करना चाहिए क्योंकि ये पर्यावरण को प्रदूषित करते हैं। फसलों पर पीड़क जीवों का प्रकोप होने के बाद उन्हें पीड़कनाशी रसायनों (जो रसायन पीड़क जीवों जैसे कि खरपतवार, कीट, दीमक, भूमिगत जंतु, कवक आदि की रोकथाम में काम आते हैं) से नियंत्रित करने की अपेक्षा हमें इनके उन्मूलन के उपाय करने चाहिए। फसलों पर पीड़क जीवों के उन्मूलन के कुछ उपाय इस प्रकार हैं–

1. फसलों की रोधी किस्मों का प्रयोग।
2. फसलों की उपयुक्त समय पर बुवाई।
3. फसल चक्र और फसल प्रणाली अपनाना।
4. स्वच्छ जुताई।
5. ग्रीष्मकालीन जुताई।

फसलों पर कीट-रोगों के प्रकोप में नम और गर्म जलवायु अधिक सहायक रहती है। इसीलिए रबी की फसलों की अपेक्षा खरीफ की फसलों पर कीट-रोगों का प्रकोप अधिक होता है।

### 20.4.1 कीट नियंत्रण

प्रायः फसलों पर कीटों का प्रकोप तीन तरह से होता है– (1) जड़, तने और पत्तियों को काटकर (2) पौधों के विभिन्न भागों से कोशिकाओं का रस चूसकर, और (3) पौधों के तनों और फलों में छेद करके। जड़ काटने वाले कीटों की रोकथाम खेतों में कीट नाशी रसायन जैसे कि क्लोरोपायरिफॉस मिलाकर की जा सकती है। तना और पत्ती काटने वाले और छेद करनेवाले कीटों की रोकथाम रसायनों के भुरकाव या छिड़काव से की जा सकती है। इस कार्य के लिए संपर्क कीटनाशी हैं– मैलाथ्यान, लिंडेन और थायोडॉन। सभी प्रकार से रस चूसने वाले कीटों की रोकथाम पौधे की प्रणाली के माध्यम से प्रभाव करने वाले रसायनों–डाइमैथोएट और मेटासिस्टाक्स के छिड़काव से की जा सकती है। मुख्य फसलों के कुछ कीटों की रोकथाम के उपाय सारणी 20.3 में दिए जा रहे हैं।

### 20.4.2 रोग नियंत्रण

वैसे तो वातावरण में सभी प्रकार के रोगाणु होते हैं। परंतु जब उन्हें वृद्धि के लिए अनुकूल परिस्थिति मिल

*चित्र 20.1 : सरसों पर माहू (एफिड) का प्रकोप*
(आई.ए.आर.आई. के सौजन्य से)

जाती है तो वे फैलने लगते हैं और पौधों पर प्रकोप करते हैं। फसलों पर ये रोगाणु तीन प्रकार से फैलते हैं– (1) बीज और मिट्टी द्वारा (2) जल द्वारा (3) वायु द्वारा। बीज, मिट्टी और जल से पैदा होने वाले रोग मुख्यतया जड़ों पर प्रकोप करते हैं और तने का भी संक्रमण करते हैं। वायु से फैलने वाले रोग प्रायः पौधों के सभी भागों–पत्ती, फूल और फलों पर प्रकोप करते हैं। बीज और मिट्टी से फैलने वाले सभी रोगों की रोकथाम बीज और मिट्टी को उपचारित करने से की जा सकती है। जबकि वायु से फैलने वाले रोगों की रोकथाम पौधे के रोगग्रस्त भाग पर कवकनाशी रसायन का छिड़काव करके की जाती है। मुख्य फसलों के रोग और उनकी रोकथाम के उपाय सारणी 20.4 में दिए गए हैं।

### 20.4.3 खरपतवार नियंत्रण

खेतों में जो अनावश्यक पौधे उग आते हैं उन्हें खरपतवार (weeds) कहते हैं। अन्य पीड़क जीवों की भाँति ये भी फसल को क्षति पहुँचाते हैं। ये फसल के साथ पोषक तत्वों और जल के लिए स्पर्धा करते हैं जिससे फसल की वृद्धि कम हो जाती है। परिणामस्वरूप फसल की उपज और गुणवत्ता में गिरावट आ जाती है। किसी फसल के खेत में दूसरी फसल के पौधे या उसी फसल की अन्य किस्म के पौधे भी खरपतवार ही माने जाते हैं क्योंकि ये पौधे इस स्थान पर आवश्यक नहीं हैं। इसलिए गेहूँ के खेत में जौ या सरसों के पौधे खरपतवार माने जाते हैं। इसी प्रकार गेहूँ की बौनी किस्म (एच.डी. 2687) के खेत में लंबी किस्म (सी-306) के पौधे भी खरपतवार ही होते हैं। खरपतवार न मात्र फसल के साथ स्थान, प्रकाश, जल और पोषक तत्वों के लिए स्पर्धा करते हैं बल्कि बहुत-से पीड़क कीट और रोगों को आश्रय प्रदान करते हैं। रबी के मौसम की अपेक्षा खरीफ के मौसम में खरपतवारों का प्रकोप अधिक होता है। पौधे की आकारिकी के आधार पर खरपतवारों को संकरी पत्ती वाले और चौड़ी पत्ती वाले दो वर्गों में बाँट सकते हैं। खरीफ मौसम के कुछ मुख्य खरपतवारों में मोथा (Nut grass) और जंगली ज्वार (Wild sorghum) संकरी पत्ती वाले तथा चौलाई (*Amaranthus*) और साठी (*Trianthema*) चौड़ी पत्ती वाले खरपतवार हैं। रबी के खरपतवारों में जो गेहूँ

*चित्र 20.2 : गेहूँ का रतुआ रोग।*
(आई.ए.आर.आई. के सौजन्य से)

की फसल को भी क्षति पहुँचाते हैं– मंडूसी (*Phalaris*) और जंगली जई (Wild oat) संकरी पत्ती वाले तथा हिरनखुरी (*Convolvulus*) और बथुआ (*Chenopodium*) चौड़ी पत्ती वाले खरपतवार हैं। खरीफ में कम अवधि वाली (मक्का और बाजरा), छोटे पौधे वाली (मूँगफली) और धीमी गति से बढ़ने वाली (अरहर) फसलों पर खरपतवारों का अधिक प्रकोप होता है। इन फसलों के खरपतवारों की रोकथाम के लिए 35-45 दिन की अवस्था संवेदनशील होती है। साधारणतः खरपतवारों की रोकथाम नीचे दिए उपायों से की जा सकती है।

**1. यांत्रिक विधि**

हाथ से उखाड़कर, खुरपी से निकाई करके, हो या कसौला चलाकर, अंतकर्षण (खड़ी फसल में मशीन द्वारा) करके, जुताई करके, जलाकर और पानी भरकर।

**2. कर्षण विधि**

खेत ठीक प्रकार तैयार करके, समय से बुवाई करके, अंतर्फसली लगाकर और फसल चक्र अपनाकर।

**3. रासायनिक विधि**

शाकनाशी (herbicides) के नाम से प्रचलित रसायनों जैसे कि एट्राजिन, 2,4-D, फ्लूक्लोरेलिन, आयसोप्रोट्यूरॉन आदि का छिड़काव करके।

**4. जैविक विधि**

नागफनी (Opuntia) खरपतवार की रोकथाम कोचीनियल कीट से की जाती है। जलीय खरपतवारों की रोकथाम घास खाने वाले मछली घास कार्प (Fish Grass Corp.) से की जाती है।

**क्रियाकलाप**

जुलाई या अगस्त के महीने में गन्ने या चावल के खेत का भ्रमण करें और इन फसलों के खरपतवार और पीड़क-कीट और रोगों की सूची बनाएँ।

## 20.5 खाद्यान्न का वैज्ञानिक भंडारण

खाद्यान्न के उचित भंडारण का बहुत महत्त्व है। भंडारण के समय अनाज और बीज के अनेक प्रकार से खराब होने की संभावना रहती है। अनुमान है कि भंडारण में प्रतिवर्ष 9.3 प्रतिशत अनाज और बीज क्षतिग्रस्त हो जाता है। भंडारण की अवधि में खाद्यान्न की क्षति के अनेक कारण होते हैं–

1. जैविक (Biotic) – कीट, कृंतक जंतु, चिड़िया, कवक, दीमक और जीवाणु।

2. अजैविक (Abiotic) – नमी और तापमान।

उपर्युक्त कारकों के सामूहिक प्रभाव से भंडारण के समय कीटों का प्रकोप बढ़ जाता है। फलतः अनाज/बीज की गुणवत्ता में ह्रास होता है, भार में कमी आती है, अंकुरण क्षमता कम होती है, उत्पाद बदरंग हो जाता है जिसके फलस्वरूप विक्रय योग्यता गिर जाती है। इसलिए भंडारण के समय अनाज/बीज को किसी प्रकार की क्षति से बचाना अति आवश्यक है।

### 20.5.1 उन्मूलन के उपाय

**1. सुखाना**

फसलों की कटाई के समय दाने/बीज में 15-35 प्रतिशत तक नमी होती है। इसके अतिरिक्त दाने वातावरण से भी नमी सोखते हैं। इसलिए दाने/बीज में नमी की मात्रा का पीड़क जीवों के प्रकोप और उत्पाद की गुणवत्ता निर्धारित करने में महत्त्वपूर्ण भूमिका रहती है। दाने और बीज के सुरक्षित भंडारण हेतु इनमें नमी का स्तर 9 प्रतिशत से कम रहना चाहिए। इस कार्य के लिए उत्पाद को पहले अच्छी प्रकार धूप में सुखाने के बाद छाया में सुखा लेना चाहिए। सुखाने के लिए दानों को पक्के फर्श पर पतली तह में फैलाना चाहिए। व्यापक स्तर पर मशीनों द्वारा गर्म हवा चलाकर भी यह कार्य किया जा सकता है।

**2. स्वच्छता रखना**

गोदाम और भंडारों की अच्छी तरह से सफाई रखनी चाहिए। सभी प्रकार की गंदगी, धूल, कचरा, जाले और पूर्व भंडारित दानों के अवशेष आदि को निकालकर भंडार कक्ष को भलीभाँति साफ कर देना चाहिए। दीवारों में दरारें और छेद भरकर फर्श और छत को साफ रखना चाहिए। यदि पुराने बोरे काम में लाए जाने हैं तो उन्हें अच्छी प्रकार साफ करके अंदर की ओर से बाहर पलटकर धूप में सुखा लें और धुआँ लगा लें। भंडारण से पहले काम में आने वाले मिट्टी के बर्तनों की अच्छी प्रकार सफाई करके धूप में सुखा लें।

**3. रोग निरोधी उपचार**

गोदामों में रसायनों का छिड़काव, भुरकाव और धुँआ कर देना चाहिए। बोरों को कीटनाशी रसायनों से उपचारित कर लेना चाहिए। बीज के लिए उपयोग होने वाले दानों को कीटनाशी और कवकनाशी से उपचारित कर लेना चाहिए।

सारणी 20.3 : प्रमुख फसलों को क्षति पहुँचाने वाले कीटों की रोकथाम के उपाय।

| फसलें | पीड़क कीटों के नाम | कैसे क्षति पहुँचाते हैं | रोकथाम के उपाय |
|---|---|---|---|
| चावल | गंधी<br>पत्ती का टिड्डा | फूल आने के बाद आक्रमण करते हैं<br>पत्तियों पर प्रकोप करता है | मॉनोक्रॉटोफॉस का छिड़काव करें।<br>मॉनोकॉटोफॉस का छिड़काव करें। |
| गेहूँ | गुजिया | इसकी लट जड़ों को काटती है और वयस्क वृद्धि वाले शीर्ष को खाती है। | बुवाई से पूर्व मिट्टी में एल्ड्रिन धूल मिलाएँ। |
| | तना मक्खी | नवोद्भिद् पर आक्रमण करके पौधे के केंद्रीय भाग को खा जाती है। | बुवाई के समय मिट्टी में फोरेट मिलाएँ। |
| गन्ना | शीर्ष बेधक | कीट के लार्वा पत्ती की मध्य शिरा में छेद करके सुरंग बना लेते हैं। बाद में पौधे की वृद्धि वाले भाग में प्रवेश करके इसको क्षति पहुँचाते हैं। | जून के महीने में पौधे के निकट फोरेट के दाने डालें। |
| | तना बेधक | कीट की इल्ली तने के केंद्र में प्रवेश करके नीचे की ओर सुरंग बना लेती है। ये पौधे के मुलायम तंतु को खाती हैं। | बुवाई से पहले लिंडेन का घोल खूड में गन्ने के टुकड़ों पर डालें। |
| | पायरिला | कीट के निम्फ और वयस्क दोनों ही पत्ती की निचली सतह से रस चूसते हैं। | एंडोसल्फान का छिड़काव करें। |
| चना | फल बेधक | इल्ली प्रारम्भ में मुलायम पत्तियों को खाती हैं। बाद में फली में छेद करके बीज को खा जाती है। | कार्बेरिल का छिड़काव करें। |
| मूँगफली | सफेद लट | लट जड़ों को काट देती है। कीट के वयस्क पत्तियों को खाते हैं। | बुवाई से पहले खेत में थिमेट के दाने मिलाएँ। |
| सरसों | माहू | कीट के निम्फ और वयस्क दोनों ही पौधें के विभिन्न भागों का रस चूस लेते हैं। | मेटासिस्टाक्स का छिड़काव करें। |
| | चित्तीदार कीट | कीट के निम्फ और वयस्क दोनों ही अंकुरित अवस्था में पत्तियों का रस चूस लेते हैं। | मैलाथ्यान का भुरकाव करें। |

### 4. उन्नत भंडार

दाने और बीज के सुरक्षित भंडारण हेतु उन्नत भंडार काम में लाने चाहिए। इन भंडारों में उत्पाद को सुरक्षित रखने के लिए तापमान, नमी, ऑक्सीजन और कार्बन डाइऑक्साइड नियंत्रित किए जा सकते हैं। देश के विभिन्न संस्थानों द्वारा इस प्रकार के नमूने तैयार किए गए हैं– जैसे कि पूसा बिन, पूसा क्यूबिकिल, पूसा कोठार और पंत कुठला। हवा, नमी और तापमान तथा कृतंक जंतु भी इनमें प्रवेश नहीं कर सकते। जिस कारण से बाहर के बदलते मौसम का प्रभाव इनमें भंडारित उत्पाद पर नहीं पड़ता।

सारणी 20.4 : प्रमुख फसलों के रोगों की रोकथाम के उपाय।

| फसलें | रोगों के नाम | लक्षण | रोकथाम के उपाय |
|---|---|---|---|
| चावल | ब्लास्ट | पत्तियों पर भूरे रंग के नाव की तरह के चकत्ते दिखाई पड़ते हैं। | थीरम से बीज उपचार करें। 10 दिन के अंतर पर बैविस्टीन का छिड़काव करें। |
| गेहूँ | रतुआ | पत्तियों पर पीले, भूरे या काले रंग के धब्बे दिखाई पड़ते हैं। | 10 दिन के अंतर पर डाइथेन M-45 का छिड़काव करें। |
| गन्ना | लाल विगलन | छोटे लाल रंग के धब्बे पत्ती की मध्य शिरा पर प्रकट होते हैं। गन्ने का भीतरी भाग लाल हो जाता है। | बुवाई से पहले गन्ने के टुकड़ों को एग्लोल के 0.25 प्रतिशत घोल में 5 मिनट तक डुबोएँ। |
| | ग्राशी शूट | सतह से पतले–पतले अनेक कल्ले फूट निकलते हैं। | गन्ने के बीज को 8 घंटे तक 54 °C ताप पर गर्म हवा से उपचारित करें। |
| चना | उखटा | पत्तियाँ पीली पड़कर सूख जाती हैं। जड़ें काली पड़कर गल जाती हैं। | हल्की मिट्टी में बुवाई 8-10 cm की गहराई पर करें। |
| अरहर | तना विगलन | मिट्टी की सतह के पास तने पर भूरे या गहरे भूरे धब्बे उभर आते हैं, तना कट जाता है और पौधे मर जाते हैं। | ज्वार और अरहर की मिश्रित फसली करें। खेत में पानी न ठहरने दें। |

### 20.5.2 रोकथाम के उपाय

यदि अनाज को खाने के काम में लाना हो तो किसी भी प्रकार के कीटनाशी रसायन को इसमें नहीं मिलाना चाहिए। इसको धूप में सुखा लें अथवा धुएँ द्वारा उपचारित कर सकते हैं। बीज में कीटों का प्रकोप होने की संभावना हो तो इसे कीटनाशी रसायनों से उपचारित करना चाहिए।

#### (i) रसायनों द्वारा नियंत्रण

वैसे तो अनाज में रसायनो का प्रयोग रोगरोधी उपचार तक ही सीमित रखना चाहिए या इन्हें केवल बीज में मिला सकते हैं। बी.एच.सी. का नम चूर्ण, पायरी द्रव्य और मैलाथ्यान का भंडार कक्ष के सतह पर तीन सप्ताह के अंतराल पर छिड़काव किया जा सकता है। इन रसायनों के छिड़काव करने का विवरण इस प्रकार है–

| | |
|---|---|
| बी.एच.सी. डब्ल्यू. पी. (50%) | 1:25 के अनुपात में 3 L / 100 m² क्षेत्र। |
| पायरीथियम (2.5 ई.सी.) | 1:300 के अनुपात में 3 L / 100 m² क्षेत्र। |
| मैलाथ्यान (50 ई. सी.) | 1:300 के अनुपात में 3 L/100 m² क्षेत्र। |

#### (ii) धूमक

ऐसे गैसीय रसायन जिनकी पर्याप्त सांद्रता पीड़क जीवों के लिए घातक हो उन्हें धूमक कहते हैं। इस कार्य हेतु ऐलुमीनियम फॉस्फाइड की गोली जिसे हम काला विष भी कहते हैं, प्रयोग की जा सकती है। इसकी 3 g की 2 गोली प्रतिटन अनाज या 160 गोली प्रति 100 घन मीटर अनाज की दर से काम में लाई जा सकती हैं। मिथाइल ब्रोमाइड 16 g प्रति घन मीटर और इथाईलीन क्लोराइड–कार्बन टैट्राक्लोराइड (ई.डी.सी.टी.) 3:1 मिश्रण 30 mL प्रति 100 kg अनाज की दर से धूमन के लिए काम में लाए जा सकते हैं। धूमक रसायनों को काम में लाते समय विशेष सावधानी रखनी चाहिए।

#### (iii) पादप उत्पाद

वनस्पति या मिट्टी के तेल की थोड़ी-सी मात्रा फलीदार फसलों के बीज में लगाकर इन्हें कीटों से बचाना आम बात है। तेलों से उपचार के बाद कीट इनमें अंडे नहीं देते, अंडे सेहने में कमी आती है, लार्वा का विकास अवरुद्ध हो जाता है। इसके फलस्वरूप कीटों की संतति में कमी आती है। निबौली (नीम का बीज) के चूर्ण और सूखी काली मिर्च को पीसकर मिलाने से कीटों की रोकथाम में प्रभावशाली बढ़ोतरी होती है।

**प्रश्न**

1. पीड़क कीट फसलों पर किस प्रकार प्रकोप करते हैं?
2. फसलों पर रोग किस प्रकार फैलते हैं?
3. भंडारण में अनाज की क्षति किन कारणों से होती है?
4. खरपतवार फसलों को कैसे क्षति पहुँचाते हैं?
5. खरपतवार नियंत्रण के विभिन्न उपायों की सूची बनाएँ?

## आपने क्या सीखा

- भोजन शरीर को पोषक तत्व प्रदान करता है।
- पौधों के पोषण हेतु मात्र 16 तत्व ही आवश्यक हैं।
- जिन पोषक तत्वों की अधिक मात्रा में आवश्यकता होती है उन्हें स्थूल तत्व कहते हैं और जिन तत्वों की आवश्यकता अल्प मात्रा में होती है उन्हें सूक्ष्म तत्व कहते हैं।
- खाद और उर्वरक पौधों के पोषक तत्वों की पूर्ति के मुख्य साधन हैं।
- उर्वरक, रसायनों से व्यावसायिक स्तर पर निर्मित पदार्थ होते हैं।
- जो उर्वरक दो या दो से अधिक पोषक तत्वों की पूर्ति करते हैं वे जटिल उर्वरक कहलाते हैं।
- भारत में 12 मुख्य और 8 संयुक्त नदियों के सिंचाई क्षेत्र हैं।
- पीड़क जीव (कीट और रोग) फसलों को 50-70 प्रतिशत तक क्षति पहुँचा सकते हैं।
- फसल के साथ खेत में जो भी अनावश्यक पौधे उग आते हैं, खरपतवार कहलाते हैं।
- उपचार से उन्मूलन अच्छा रहता है। खरपतवार, कीट और रोगों की रोकथाम के लिए रसायनों का प्रयोग कम से कम करना चाहिए।
- नम और गर्म जलवायु खरपतवारों और कीट-रोगों के प्रकोप में सहायक होती है।
- अनाज के सुरक्षित भंडारण हेतु ऐसे भंडार प्रयोग में लाएँ जो वायु, नमी और तापरोधी हों और कृंतक जंतु हानि न पहुँचा सकें।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. पोषक तत्वों की परिभाषा बताइए। पौधे के लिए पोषक तत्वों की आवश्यकता का निर्धारण किस आधार पर किया जाता है ?
2. पोषक तत्वों को स्रोतों के आधार पर वर्गीकृत करिए ?
3. स्थूल और सूक्ष्म पोषक तत्व क्या होते हैं ?
4. खाद की परिभाषा लिखिए। विभिन्न खाद कौन-कौन सी होती हैं और ये मिट्टी को किस प्रकार प्रभावित करती हैं?
5. हरी खाद क्या होती है ? हरी खाद के लिए उपयुक्त फसलों के नाम बताइए।
6. उर्वरक क्या होते हैं ? उर्वरकों को उपयुक्त उदाहरण देकर वर्गीकृत करिए ।
7. भारत में विभिन्न सिंचाई प्रणाली क्या है ? खेत में दिए गए जल की क्षमता कैसे बढ़ाई जा सकती है ?

8. फसल उत्पादन में कौन-कौन से पीड़क जीव होते हैं ? पीड़क जीवों के उन्मूलन के उपाय बताइए ?

9. फसलों पर कीट और रोगों की रोकथाम के उपाय बताइए।

10. गेहूँ, धान, और गन्ने में प्रत्येक के एक रोग का नाम और उसकी रोकथाम के उपाय बताइए।

11. गन्ना और सरसों में प्रत्येक के दो कीटों के नाम और उनकी रोकथाम के उपाय बताइए।

12. खरपतवार की परिभाषा बताइए। ये फसलों को कैसे क्षति पहुँचाते हैं ।

13. खरीफ और रबी मौसम के दो-दो खरपतवारों के नाम बताइए। इनकी रोकथाम किस प्रकार की जा सकती है ।

14. भंडार में अनाज को क्षति पहुँचाने वाले कारकों का ब्यौरा दीजिए। अनाज के सुरक्षित भंडारण हेतु विभिन्न उपायों का विवरण दीजिए।

15. अनाज भंडारण के उन्नत भंडारों के नाम बताइए। इनमें अनाज कैसे सुरक्षित रहता है।

अध्याय

# खाद्य संसाधन : टिकाऊ कृषि
# (Food Resources : Sustainable Agriculture)

पृथ्वी पर कृषि का इतिहास उतना ही पुराना है जितना मानव सभ्यता का। आदिकाल में मनुष्य का ध्यान मात्र तीन मूलभूत आवश्यकताओं –भोजन, कपड़ा और मकान पर ही रहता था। जनसंख्या में निरंतर वृद्धि और पिछली शताब्दी में हुए तीव्र विकास के कारण प्राकृतिक संसाधनों का आवश्यकता से अधिक दोहन हुआ है। जिसके कारण हमारे प्राकृतिक संसाधनों में तीव्र गति से ह्रास हो रहा है। इसलिए पूरी दुनिया में आजकल यही चर्चा है कि प्राकृतिक संसाधनों को क्षति पहुँचाए बिना बढ़ती जनसंख्या की खाद्य पूर्ति हेतु उत्पादन कैसे बढ़ाया जाए। अतएव टिकाऊ कृषि की आज आवश्यकता है। मिश्रित खेती, मिश्रित फसली, फसल चक्र और उन्नत किस्में अपनाकर हम कृषि में टिकाऊपन ला सकते हैं। इस अध्याय में आप इन पद्धतियों का अध्ययन करेंगे।

## 21.1 टिकाऊ कृषि

टिकाऊपन का शाब्दिक अर्थ है किसी को समापन और गिरावट से रोकने के लिए निरंतर प्रयास करते रहना जिससे उसकी गुणवत्ता बनी रहे। कृषि के संदर्भ में टिकाऊपन को एक व्यापक दृष्टिकोण से देखना चाहिए। इसका अर्थ है निरंतर बढ़ती जनसंख्या के अनुरूप आवश्यकतानुसार परिवर्तन लाना। मानव की बढ़ती आवश्यकता और अपेक्षाओं ने हमें भूमि के उपयोग में परिवर्तन लाने और प्राकृतिक संसाधनों का आवश्यकता से अधिक उपयोग करने के लिए बाध्य कर दिया है।

कृषि की कम उत्पादकता के साथ-साथ यदि प्राकृतिक संसाधनों का वर्तमान दर से उपयोग होता रहा तो जो बच्चा आज जन्म लेगा, आने वाले समय में उसे न तो पर्याप्त भोजन मिल पाएगा, न रहने के लिए स्थान और न ही श्वास लेने के लिए शुद्ध वायु ही मिल पाएगी। यदि हम चाहते हैं कि हमारी आने वाली पीढ़ी स्वस्थ रहे तो हमें उनके लिए पर्याप्त और संतुलित भोजन, पीने के लिए स्वच्छ जल और श्वास लेने के लिए शुद्ध वायु सुनिश्चित कराने होंगे। इसलिए केवल उत्पादन बढ़ाना ही आवश्यक नहीं है बल्कि पर्यावरण की सुरक्षा और संसाधनों का संरक्षण भी उतना ही महत्त्वपूर्ण है। अतः टिकाऊ कृषि से अभिप्राय है *मनुष्य की बदलती आवश्यकताओं को पूरा करने के साथ-साथ पर्यावरण की गुणवत्ता बनाए रखने और प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण हेतु कृषि के लिए संसाधनों का सफल प्रबंधन करना।*

जैसा कि आप जानते हैं कि भविष्य की बढ़ती आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु खाद्यान्न उत्पादन में पर्याप्त वृद्धि करनी होगी। परंतु भविष्य में खाद्यान्न उत्पादन में वृद्धि लक्ष्य उत्पादकता (प्रति इकाई क्षेत्र ऊपज) बढ़ाकर ही प्राप्त किया जा सकता है। इसका कारण यह है कि हमारे पास भूमि सीमित है और इसे बढ़ाया नहीं जा सकता। भूमि की प्रति व्यक्ति की उपलब्धता 1950-51 में 0.5 ha से घटकर 1999-2000 में 0.15 ha रह गई जिसको सन् 2020 तक घटकर 0.08 ha रह जाने की संभावना है। इसलिए भविष्य में खाद्य की आवश्यकता पूर्ति हेतु उत्पादकता में वृद्धि ही एकमात्र विकल्प है। यह कार्य मिट्टी, जल, वन, आदि प्राकृतिक संसाधनों और उर्वरक, पीड़कनाशी रसायनों और कृषि मशीनरी जैसे मानव निर्मित संसाधनों का दक्षतापूर्वक प्रबंधन करके ही प्राप्त किया जा सकता है।

**प्रश्न**

1. टिकाऊ कृषि की क्या आवश्यकता है ?
2. भविष्य की खाद्य आवश्यकताओं की पूर्ति हम कैसे कर सकते हैं ?

## 21.2 मिश्रित खेती

खेती एक ऐसी प्रकिया है जिसमें सौर ऊर्जा को पौधें द्वारा आर्थिक उत्पाद में परिवर्तित किया जाता है। दूध के लिए पशु पालना और उन्हें खिलाने के लिए चारे की फसल उगाना भी एक प्रकार की खेती है जिसे डेयरी कहते हैं। इसी प्रकार अंडे, मांस और मछली हेतु क्रमशः कुक्कुट पालन, सूअर पालन और मत्स्य पालन अलग-अलग प्रकार की खेती हैं।

जब छोटे फार्म पर एक उद्यम से परिवार का काम नहीं चलता तो किसान को अधिक उद्यम अपनाने पड़ते हैं। इससे उसकी आय तो बढ़ती ही है साथ-साथ जोखिम कम रहता है। इस प्रकार ***मिश्रित खेती किसी फार्म पर खेती की वह प्रणाली है जिससे किसान की निर्वाह संबंधी मूल आवश्यकताएँ पूरी हो सकें।*** मिश्रित खेती के अंतर्गत फसल उत्पादन, पशु पालन, कुक्कुट पालन, मत्स्य और मधुमक्खी पालन आदि आते हैं। मिश्रित खेती प्रणाली का टिकाऊपन व्यापक रूप से खेत की मिट्टी और पशुओं की गुणवत्ता, स्थान, धरातल, जल की सुविधाएँ, उपलब्ध प्रौद्योगिकी और आर्थिक पहलुओं पर निर्भर करता है। खेती के संदर्भ में टिकाऊ प्रणाली निरंतर उर्वरता बनाए रखती है और सभी संसाधनों का दक्षतापूर्वक उपयोग सुनिश्चित करती है। कुछ महत्त्वपूर्ण मिश्रित खेती प्रणाली इस प्रकार हैं—

1. **खाद्य-चारा खेती प्रणाली** : चावल, मक्का, गेहूँ आदि खाद्यान्न की फसलें उगाना और चारे के लिए ज्वार, जई और बरसीम उगाना।
2. **कृषि-वानिकी प्रणाली** : वृक्षों के साथ फसलें उगाना।
3. **बागवानी-चारा प्रणाली** : फलदार वृक्षों के साथ चारे वाली घासें उगाना।

इस प्रकार मिश्रित खेती, खेती का एक समेकित तरीका है जो कि कृषि उत्पादन में टिकाऊपन लाने में सहायक हो सकता है।

## 21.3 मिश्रित फसली

हमारे देश में मिश्रित फसली पुराने समय से होती आई है। फसल उत्पादन की यह क्रिया बारानी क्षेत्रों में अपनाई जाती थी जहाँ नमी के अभाव में फसल के मरने का जोखिम रहता था। किसान बुवाई से पहले दो फसलों के बीज मिलाकर खेत में बो दिया करते थे। इस प्रकार ***एक ही खेत में दो फसलें साथ-साथ उगाने को मिश्रित फसली कहते हैं।*** मिश्रित फसली का मुख्य उद्देश्य जोखिम कम करना और असामान्य मौसम रहने पर फसल के मरने की स्थिति में बीमा (कुछ लाभ लेना) होता है।

कुछ मिश्रित फसली क्रियाएँ इस प्रकार हैं :

सोयाबीन + अरहर
मक्का + उड़द
अरहर + मूँग
कपास + मूँग
मूँगफली + सूरजमुखी
ज्वार + अरहर
गेहूँ + चना
जौ + चना
गेहूँ + सरसों

### क्रियाकलाप

निकटवर्ती किसी फार्म पर या गाँव में जाएँ। वहाँ अपनाई जाने वाली कुछ मिश्रित फसली में फसलों की अवधि, उनकी वृद्धि का ढंग, जड़ों का ढंग और पोषक तत्व एवं जल की आवश्यकता की जानकारी किसान से लें। इससे आपको स्वयं स्पष्ट हो जाएगा कि मिश्रित फसली के लिए फसलों के चुनाव करने का एक विशिष्ट आधार होता है।

### 21.3.1 फसलों के चुनाव का आधार

मिश्रित फसली के लिए फसलों का चुनाव करते समय निम्न बातें ध्यान में रखें:

1. ***फसल अवधि :*** एक फसल लंबी अवधि वाली तो दूसरी कम अवधि वाली हो।
2. ***वृद्धि स्वभाव :*** एक फसल अधिक बढ़ने वाली तो दूसरी कम बढ़ने वाली हो। इसका अर्थ है कि मिश्रित फसली के लिए फसलें विभिन्न वितान वाली हों। फसल वितान का अभिप्राय धरातल से ऊपर के पौधे के भागों—पत्ती, तने और फूल के गठन से है।
3. ***जड़ों का प्रकार :*** एक फसल लंबी जड़ों वाली हो तो दूसरी उथली जड़ों वाली हो।
4. ***जल की माँग :*** एक फसल की जल की आवश्यकता दूसरी की अपेक्षा कम हो।
5. ***पोषक तत्वों की माँग :*** दो फसलों में से एक अधिक पोषक तत्व चाहने वाली हो तो दूसरी कम मात्रा में पोषक तत्व चाहने वाली हो।

फसलों का चुनाव इसलिए किया जाता है ताकि फसलों में आपस में प्रकाश, पोषक तत्व और नमी के

लिए स्पर्धा कम हो। यदि नमी या पोषक तत्वों के अभाव में एक फसल क्षतिग्रस्त हो जाती है तो दूसरी फसल से इस जोखिम की आपूर्ति हो सकती है। मिश्रित फसली में यदि दोनों फसलें एक ही स्वभाव की होंगी हो इनमें मूल आवश्यकताओं के लिए स्पर्धा अधिक होगी।

### 21.3.2 मिश्रित फसली के लाभ

1. *फसल असफल होने का जोखिम नहीं* – यदि आप मिश्रित फसली में अलग-अलग स्वभाव की दो फसलें एक साथ लगा रहे हैं तो वर्षा की अनिश्चितता के कारण फसल असफल होने का जोखिम कम हो जाता है।
2. *विभिन्न उत्पाद प्राप्ति* – इनसे एक ही खेत से विभिन्न उत्पाद – धान्य, दालें, सब्जी और चारा मिल सकता है जिससे परिवार की विभिन्न आवश्यकताओं की पूर्ति तो होती ही है साथ ही आपके पशुओं का चारा और नकदी की आवश्यकता की पूर्ति भी हो जाएगी।
3. *उपज में वृद्धि* – साथ में उगाई जाने वाली फसलों के सहयोगी प्रभाव के कारण उपज में बढ़ोतरी होती है। जैसे कि फलीदार फसलों का धान्य या अन्य बिना फलीदार फसलों पर अच्छा प्रभाव पड़ता है।
4. *मिट्टी की उर्वरता में सुधार* – यदि आप धान्य फसलें खेत में उगाते रहेंगे तो ये पोषक तत्वों का अधिक शोषण करती हैं जबकि फलीदार फसलें मिट्टी की उर्वरता बढ़ाती हैं। इस प्रकार दो फसलें साथ-साथ लगाने से खेत की उर्वरता में सुधार होता है।
5. *पीड़क द्वारा न्यूनतम क्षति* – एक विशेष वर्ग की फसलों पर पीड़क जीवों (खरपतवार, कीट और रोग) का प्रकोप अधिक होता है। यदि आप विभिन्न प्रकार की फसलें उगाएँगे तो पीड़क जीवों के प्रकोप की संभावना कम हो जाती है।

परंतु अब बढ़ती आवश्यकता और घटते भू-संसाधनों के कारण प्रति इकाई क्षेत्र और समय में हमें उत्पादकता बढ़ाने की आवश्यकता है। इस कारण से परंपरागत चली आ रही मिश्रित फसली में परिवर्तन करके अंतर्फसली प्रणाली प्रचलित की गई है। ***एक निश्चित पंक्तिबद्ध तरीके से एक खेत में दो या दो से अधिक फसलें एक साथ उगाने को अंतर्फसली कहते हैं।*** मिश्रित फसली में अपनाए जाने वाले फसलों के सभी मिलानों को अंतर्फसली में भी अपनाया जा सकता है परंतु इसमें पंक्तियों का क्रम जैसे कि 1:1, 1:2 या 1:3 निश्चित रहता है। इसका अर्थ है कि मुख्य फसल की एक पंक्ति के बाद अंतर्फसल की एक, दो या तीन पंक्तियाँ उगाई जा सकती हैं।

मिश्रित फसली और अंतर्फसली की तुलना सारणी 21.1 में दी गई है।

**सारणी 21.1 : मिश्रित फसली और अंतर्फसली की तुलना।**

| *मिश्रित फसली* | *अंतर्फसली* |
|---|---|
| 1. फसल फेल होने का जोखिम कम करना | 1. प्रति इकाई क्षेत्र उत्पादकता बढ़ाना |
| 2. बुवाई से पहले दो फसलों के बीज मिलाना | 2. बीज आपस में नहीं मिलाए जाते। |
| 3. पंक्तियों का कोई क्रम नहीं | 3. पंक्तियों का क्रम निश्चित |
| 4. हर फसल को उर्वरक देना कठिन | 4. फसलों की आवश्यकतानुसार उर्वरक दिया जा सकता है। |
| 5. हर फसल में पीड़कजीवों के नियंत्रण हेतु छिड़काव असंभव | 5. हर फसल में पीड़कनाशी रसायनों का छिड़काव संभव |
| 6. फसलों की अलग-अलग कटाई और गहाई असंभव | 6. दोनों फसलों को आसानी से अलग-अलग काटकर गहाई की जा सकती है। |
| 7. मिश्रित उत्पाद का ही विपणन और उपयोग | 7. हर फसल के उत्पाद को अलग-अलग बेचा जा सकता है और काम में लाया जा सकता है। |

**प्रश्न**
1. मिश्रित खेती का क्या लाभ है ?
2. मिश्रित फसली के कोई दो लाभ बताएँ।
3. अंतर्फसली की परिभाषा लिखिए।

## 21.4 फसल चक्र

एक ही खेत में एक फसल को निरंतर लगाते रहने से अनेक प्रकार की समस्याएँ सामने आने लगती हैं जैसे कि एक ही प्रकार के पोषक तत्वों का खेत से ह्रास होना और रोग एवं पीड़क कीटों का पनपना। इसी प्रकार की समस्याओं से बचने के लिए फसल चक्र अपनाने की आवश्यकता होती है। ***किसी भूभाग पर पूर्व नियोजित क्रम में विभिन्न फसलों के उगाने को फसल चक्र कहते हैं।*** अवधि के अनुसार फसल चक्र कई प्रकार के होते हैं जैसे कि:

| *प्रकार* | *फसल चक्र* |
|---|---|
| एक-वर्षीय | 1. मक्का-सरसों<br>2. चावल-गेहूँ |
| द्वि-वर्षीय | 1. मक्का-सरसों-गन्ना-मेथी<br>2. मक्का-आलू-गन्ना-मटर |
| तीन-वर्षीय | 1. चावल-गेहूँ-मूँग-सरसों-गन्ना-बरसीम<br>2. कपास-जई-गन्ना-मटर-मक्का-गेहूँ |

### 21.4.1 फसल चक्र हेतु फसलों का चुनाव

फसल चक्र के लिए किसी फसल और उसकी किस्मों का चुनाव खेत में नमी की स्थिति, वर्षा ऋतु की अवधि, मिट्टी के प्रकार और खेती में होने वाले जोखिम पर निर्भर करता है। बारानी क्षेत्रों में जहाँ नमी कम रहती है, हल्की और उथली मिट्टियों में बाजरा आदि लगाना ठीक रहता है, भारी मिट्टियों में ज्वार और भूमि का अधःस्तर ठोस हो तो अरंडी और अरहर लगाना उत्तम रहता है। बारानी क्षेत्रों में या तो खरीफ में फसल लगाई जाती है और रबी में खेत खाली रहते हैं। अन्यथा खरीफ में नमी संरक्षण के लिए खेत खाली रखकर संरक्षित नमी में रबी में सरसों, चना, अलसी, करडी, जौ और गेहूँ लगाए जाते हैं।

जिन क्षेत्रों में पूरे वर्ष पर्याप्त नमी रहती है वे खेत अधिक उपज देने में सक्षम होते हैं। इन क्षेत्रों में लागतों (सिंचाई, उर्वरक, पीड़कनाशी और मानव एवं मशीनी ऊर्जा) की उपलब्धता के अनुसार किसान एक वर्ष में दो या चार फसलें तक ले सकते हैं। इन क्षेत्रों में फसल चक्रों हेतु चावल, गेहूँ, गन्ना, आलू और बरसीम मुख्य फसलें हैं। कस्बों और शहरों के निकट अधिक आय की दृष्टि से किसान सब्जी उगाना पसंद करते हैं।

मिट्टी की उर्वरा शक्ति बढ़ाने के लिए फसल चक्र में फलीदार फसलें सम्मिलित करना आवश्यक है। जिन फसलों को अधिक उर्वरता चाहिए उन्हें फलीदार फसलों के बाद लगाया जा सकता है। कम लागत वाली फसलों से पहले खेत में अधिक लागत चाहने वाली फसलें जैसे कि गन्ना, आलू, मक्का, गेहूँ और चावल आदि लगाई जा सकती हैं। खेत की उर्वरा शक्ति बनाए रखने के लिए यह आवश्यक है। साधारणतः एक ही कुल की फसलों को उसी खेत में बार-बार नहीं उगाना चाहिए। ऐसा करने से खेत में रोग और कीटों को बढ़ावा मिलेगा और खेत से एक प्रकार के पोषक तत्वों का ह्रास अधिक होगा। इसलिए फसल चक्र हेतु फसलों का चुनाव करते समय नीचे दी हुई बातों का ध्यान रखना चाहिए–

1. वर्षा या सिंचाई द्वारा नमी की उपलब्धता।
2. मिट्टी में पोषक तत्वों का स्तर।
3. लागतों–उर्वरक, पीड़कनाशी, मानव और मशीनी ऊर्जा की उपलब्धता।
4. फसल अवधि – कम या लंबी।
5. बाजार और प्रशोधन की सुविधा।

अब आप जान गए होंगे कि विभिन्न फसल चक्रों में भिन्न-भिन्न फसलें लगाई जाती हैं। अब प्रश्न यह है कि आप कैसे पता लगाएँगे कि इन फसल चक्रों में से कौन-सा अधिक लाभप्रद है ? यह जानने के लिए फसल चक्रों का मूल्यांकन करने की आवश्यकता है।

### 21.4.2 फसल चक्रों का मूल्यांकन

जिन फसलों से एक जैसे ही उत्पाद मिलते हैं और एक ही प्रकार के संसाधनों का प्रयोग करते हैं उनकी आपस में तुलना करना आसान है। उदाहरण के लिए यदि आपने धान्य फसलों (चावल और गेहूँ) या दलहनी फसलें (उरद और चना) ही फसल चक्र में लगाई है और

लागत (उर्वरक और सिंचाई) भी समान मात्रा में दी है तो इनका मूल्यांकन कुल उत्पादन और लागत के आधार पर किया जा सकता है। परंतु जब उसी खेत में एक ही वर्ष में अलग-अलग प्रकार की फसलें लगाई जाती हैं तो इसकी तुलना करना कठिन होता है। क्योंकि अलग-अलग फसलों के जैविक और आर्थिक मापदंड अलग-अलग होते हैं इसलिए फसल चक्रों के मूल्यांकन की विधि भी भिन्न-भिन्न है।

(i) **फसली सूचकांक** : किसी फसल चक्र का फसली सूचकांक नीचे दी हुई समीकरण से निकाला जा सकता है और प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है।

$$\text{फसली सूचकांक} = \frac{\text{फसलों की संख्या}}{\text{वर्ष संख्या}} \times 100$$

**(ii) लागत आमदनी संबंध** : साधारण भाषा में फसल चक्र की क्षमता की व्याख्या प्रति इकाई लागत पर प्राप्त आमदनी के रूप में की जा सकती है।

$$\text{क्षमता (रु.)} = \frac{\text{आमदनी}}{\text{लागत}}$$

**(a) लागत–लाभ अनुपात**

$$\text{आय प्रति रु. खर्च} = \frac{\text{कुल आय}}{\text{खेती पर कुल खर्च}}$$

(b) शुद्ध लाभ : कुल खर्च और आय का अंतर

शुद्ध लाभ (रु.) = कुल आय – खेती पर खर्च

**प्रश्न**

1. फसल चक्र क्यों अपनाना चाहिए ?
2. फसल चक्र में फलीदार फसलें क्यों आवश्यक है ?
3. फसल चक्र के मूल्यांकन के कौन-कौन से मापदंड हैं ?

## 21.5 किस्मों में सुधार

आपने आम तो खाए ही होंगे और देखा होगा कि ये एक-दूसरे से आकृति, आकार, और स्वाद में भिन्न होते हैं। कुछ गोल, छोटे और खट्टे होते हैं तो कुछ अंडाकार, बड़े, और स्वादिष्ट होते हैं। इसी प्रकार चपाती बनाने के काम आने वाला गेहूँ खमीर उठाकर बनने वाले उत्पाद (डबल रोटी, केक, नूडल और मैक्रॉनी) वाले गेहूँ से अलग होता है। इससे स्पष्ट होता है कि एक ही पौधे की अलग-अलग किस्में हो सकती हैं। पौधों में प्राकृतिक रूप में भी भिन्नता आती रहती है। परंतु मनुष्य ने भी अपनी आवश्यकताओं के अनुसार पौधों में काट-छाँट का काम किया है। हमारी कृषि में फसलों की किस्मों में सुधार के कारण ही नाटकीय परिवर्तन आया है। पिछली सदी में साठ के दशक में परंपरागत उगाई जा रही अधिक बढ़ने वाली गेहूँ की किस्मों के बदले गेहूँ की बौनी किस्में प्रचलित की गईं। इसके फलस्वरूप हमारे देश में अन्न उत्पादन में रिकार्ड तोड़ वृद्धि हुई जिसको **हरित क्रांति** कहा गया। अब हमारा ध्येय है कि कृषि को टिकाऊ बनाने के लिए हरित क्रांति को सतत रखा जाए।

### 21.5.1 किस्मों में सुधार की आवश्यकता

मानव और पशुओं में निरंतर बढ़ती जनसंख्या के लिए खाद्यान्न, चारा, रेशा, चीनी और तेल की माँग भी बढ़ती है। परंतु भू-संसाधन सीमित होने के कारण बढ़ती आवश्यकता की पूर्ति हेतु इन फसलों की उत्पादकता बढ़ाने की आवश्यकता है। मनुष्य की बदलती आवश्यकताएँ, जीवन स्तर में बढ़ोतरी, स्वास्थ्य के प्रति जागरूकता और बाजार स्पर्धा के लिए अधिक गुणवत्तायुक्त उत्पादों की आवश्यकता है। इसके साथ ही फसलों पर पड़ने वाले जैविक और अजैविक तनाव भी कुछ ऐसे कारक हैं जिनका फसलों की उत्पादकता पर विपरीत प्रभाव पड़ता है।

हमारे प्राकृतिक संसाधनों (मिट्टी, जल और मौसम इत्यादि) का ह्रास हो रहा है जिसके कारण भी फसलों में सुधार लाने की आवश्यकता है। अतएव फसल में सुधार लाने का मुख्य ध्येय फसल की उपयोगिता के अनुरूप उत्तम किस्म विकसित करना है। यह फसल-फसल पर निर्भर करता है। फसल/किस्मों में सुधार लाने के निम्नलिखित मुख्य उद्देश्य हैं :

1. **अधिक उपज** : यहाँ पर मुख्य उद्देश्य फसल के आर्थिक उत्पाद में सुधार होता है। यह सुधार फसलों की अधिक उपज देने वाली किस्मों का विकास करके लाया जा सकता है।
2. **उत्तम गुणवत्ता** : आजकल बाजार में उत्तम गुणवत्ता के लिए स्पर्धा बढ़ गई है। मनुष्य स्वास्थ्य के प्रति अधिक जागरूक हो गया है इसलिए उत्तम

उत्पाद चाहता है। आर्थिक उत्पाद की गुणवत्ता अलग-अलग फसल में अलग-अलग होती है। जैसे कि गेहूँ में भर्जन (baking) उत्पाद संबंधी गुणवत्ता, दालों में प्रोटीन की गुणवत्ता, तिलहनों में तेल की गुणवत्ता और फलों और सब्जियों में परिरक्षण की गुणवत्ता।

3. जैविक और अजैविक रोधिता : विभिन्न परिस्थितियों के अंतर्गत फसलें जैविक (रोग, पीडक कीट और सूत्रकृमि) और अजैविक (सूखा, लवणता, जल मग्नता, गर्मी, ठंडी और पाला) तनावों से ग्रस्त रहती हैं। इन तनावों के प्रति फसलों की रोधी किस्में फसल उत्पादन में महत्त्वपूर्ण प्रगति ला सकती हैं।

4. **अगेती और समान परिपक्वता** : कुछ लंबी अवधि वाली फसलों में अगेती किस्में विकसित करने से इन फसलों को द्विफसली और बहु-फसली प्रणाली में उगाया जा सकता है। ऐसा करने से फसल पर आने वाली लागत भी कम होगी। पूरी फसल के समान रूप से पकने पर कटाई एक साथ आसानी से हो सकेगी और कटाई के समय होने वाली हानि भी कम होगी।

5. **प्रकाश एवं ताप असंवेदनशीलता** : मुख्यतया फसलें प्रकाश और ताप के प्रति संवेदनशील होती हैं। इन कारकों के प्रति असंवेदी किस्मों के विकास से खेती की सीमाएँ बढ़ाई जा सकती हैं।

6. **कृषि के ऐच्छिक गुण** : चारे वाली फसलों में लंबाई, अधिक फुटाव और अधिक शाखाएँ होना अच्छे गुण माने जाते हैं। जबकि धान्य फसलों को गिरने से बचाने के लिए बौनापन होना आवश्यक है। इस प्रकार फसलों में ऐच्छिक गुणों वाली किस्मों से उपज बढ़ाने में सहायता मिलेगी।

7. **व्यापक अनुकूलता** : व्यापक अनुकूलता वाली किस्में विकसित करने से पर्यावरण की विभिन्न परिस्थितियों में फसल उत्पादन में स्थायीपन लाया जा सकेगा।

### 21.5.2 पादप प्रजनन

***पौधे के आर्थिक उपयोग के संदर्भ में उसकी आनुवांशिक बनावट में सुधार लाने की विज्ञान और कला को पादप-प्रजनन कहते हैं।*** फसलों के आनुवंशिक सुधार हेतु अपनाए जाने वाले विभिन्न उपायों को पादप प्रजनन की विधि या तकनीक कहते हैं। विभिन्न पौधों में आनुवंशिक सुधार हेतु काम में लाई जाने वाली प्रजनन विधियाँ हैं– फसल का पुरःस्थापन, आवश्यक लक्षणों के अनुरूप चयन और संकरण। इनका विवरण नीचे दिया गया है।

**सारणी 21.2 : कुछ प्रमुख फसलों की उन्नत किस्में।**

| *उत्पाद किस्म* | *फसलें* | *किस्में* |
|---|---|---|
| धान्य | चावल | आई.आर. 36, पूसा बासमती 1, कस्तूरी, विकास, पी.एन.आर. 591-18 |
| | गेहूँ | एच.डी. 2687, एच.डी. 2285, सी 306, पी.बी.डब्ल्यू. 154, एच.डब्ल्यू 157 |
| | मक्का | गंगा 5, हिम 128, शक्ति, नवजोत, विक्रम |
| दालें | चना | के 850, एच 208, पूसा 240, पंत 114 |
| | अरहर | पूसा अगेती, यू.पी.ए.एस. 120, पूसा 84, मनक, टी 21 |
| | उड़द | टी 9, पंत 430, पी एस 1, सी.ओ. 5 |
| | मूँग | पी एस 16, एस 8, टी 44, के 851, आशा |
| तिलहनें | मूँगफली | एम एच 2, आई सी जी एस 1, एम 37, जी जी 11, टी एम वी 12, कौशल |
| | सरसों | पूसा बोल्ड, क्रांति, पूसा अग्रणी, आर एल एम 514, आर एच 30 |
| | सोयाबीन | पी के 262, पी के 327, पूसा 24, दुर्गा, गौरव |
| | सूरजमुखी | बी एस एच 1, एम एस एफ एच 8, मार्डेन, अरुण, पारस |

**एम. एस. स्वामीनाथन**

पद्म विभूषण प्रो. एम.एस. स्वामीनाथन को भारत में हरित क्रांति का जनक माना जाता है। टाइम पत्रिका के अनुसार वे बीसवीं सदी के सर्वाधिक प्रभावशाली 20 एशियाई और 3 भारतीयों में से एक हैं। संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण प्रोग्राम ने उनको आर्थिक पारिस्थितिकी का पिता कहा है। भूख के विरुद्ध लड़ाई में योगदान हेतु उन्हें विश्व खाद्य पुरस्कार से सम्मानित किया गया है। व्यवसाय से आनुवंशिकीवेत्ता के रूप में उन्होंने भारत के कृषि विकास में महत्त्वपूर्ण योगदान दिया है। वे पूर्व में निदेशक, आई.ए.आर.आई, महानिदेशक, आई.सी.ए.आर., नई दिल्ली और महानिदेशक, अंतर्राष्ट्रीय चावल अनुसंधान संस्थान, मनीला रहे हैं। ईकोटैक्नालॉजी के क्षेत्र में अभूतपूर्व योगदान हेतु उन्हें यूनेस्को चेयर के लिए चुना गया। वे अनेक राष्ट्रीय पुरस्कार प्राप्त कर चुके हैं और वे लंदन स्थित रायल सोसाइटी सहित अनेक प्रतिष्ठित अकादमियों के सदस्य हैं। वे एम. एस. स्वामीनाथन रिसर्च फाउंडेशन, चेन्नई के संस्थापक हैं।

एम. एस. स्वामीनाथन

### पुरःस्थापन

किसी फसल के पौधों को उसके कृषि क्षेत्र से ऐसे स्थान पर ले जाकर उगाना जहाँ उसे पहले कभी नहीं उगाया गया हो, पुरःस्थापन माना जाता है। फसल सुधार की यह सबसे पुरानी विधि है।

### चयन

यह वह प्रक्रिया है जिसमें कुछ पौधों का चुनाव ऐच्छिक लक्षणों के आधार पर करके उन्हें विस्तृत रूप से उगाया जाता है। इस प्रक्रिया के फलस्वरूप जो उत्पाद मिलता है उसे भी चयन कहते हैं। इसमें पौधे के उन लक्षणों को महत्त्व दिया जाता है जो उपज और गुणवत्ता से संबंधित होते हैं।

*चित्र : 21.1 : मूँगफली + सूरजमुखी की अंतर्फसली।*
(आई.ए.आर.आई के सौजन्य से)

### संकरण

इस विधि में आनुवंशिक रूप से असमान पौधों का लैंगिक युग्मन किया जाता है। यह युग्मन (crossing) दो किस्मों, दो स्पीशीजों और दो जीनस के बीच किया जा सकता है। प्रायः पादप प्रजनन में दो किस्मों के युग्मन से संकर तैयार किए जाते हैं। इन विधियों द्वारा पौधों की अनेक उन्नत किस्में विकसित की जा चुकी हैं। खेती की जाने वाली कुछ फसलों की उन्नत किस्में सारणी 21.2 में दी गई हैं।

### क्रियाकलाप

आप निकटवर्ती खेतों पर जाकर फसलों का निरीक्षण करें। आपको अलग-अलग खेतों में उगाई जाने वाली एक ही फसल में भी अंतर मिलेगा। इन खेतों में उगाई गई फसल के पौधों के आकार, शाखाएँ और फुटाव, पत्तियों एवं बीजों का आकार और रंग की जाँच करके अपनी पुस्तिका में इनका विवरण लिखें।

**प्रश्न**

1. किस्मों के सुधार की क्या आवश्यकता है ?
2. पादप प्रजनन किसे कहते हैं ?

## आपने क्या सीखा

- जनसंख्या में वृद्धि और प्राकृतिक संसाधनों का आवश्यकता से अधिक दोहन टिकाऊ कृषि के लिए सचेत करता है।
- मनुष्य की बदलती आवश्यकताओं को पूरी करने के साथ-साथ पर्यावरण की गुणवत्ता बनाए रखने और प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण हेतु कृषि के

लिए संसाधनों का सफल प्रबंधन टिकाऊ कृषि कहलाता है।

- प्रति व्यक्ति भूमि की उपलब्धता 1950-51 में 0.5 ha से घटकर 1999-2000 में 0.15 ha रह गई जिसके 2020 तक घटकर 0.08 ha रह जाने की संभावना है।
- खेती एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें सौर ऊर्जा का पौधों द्वारा आर्थिक उत्पाद में परिवर्तन किया जाता है।
- मिश्रित खेती किसी फार्म पर खेती की वह प्रणाली है जिसमें फसल उत्पादन और पशुपालन आदि सम्मिलित रहते हैं।
- एक ही खेत में दो फसलें साथ-साथ उगाने को मिश्रित फसली कहते हैं। इसका ध्येय फसल के असफल होने के जोखिम को न्यूनतम करना है।
- दो फसलों के एक साथ एक निश्चित पंक्ति क्रम में लगाने को अंतर्फसली कहते हैं। इसका ध्येय प्रति इकाई क्षेत्र प्रति इकाई समय उत्पादकता बढ़ाना है।
- किसी भू-भाग पर पूर्व नियोजित क्रम में विभिन्न फसलों के उगाने को फसल चक्र कहते हैं।
- मिट्टी की उर्वरता बनाए रखने के लिए फसल चक्र में फलीदार फसलें सम्मिलित करना वांछनीय है।
- उपर्युक्त तुलना हेतु फसल चक्र का मूल्यांकन अनिवार्य है।
- एक वर्ष में उगाई जाने वाली फसलों की संख्या को फसली सूचकांक कहते हैं जिसको प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है।
- उन्नत किस्मों, अधिक उर्वरक और सिंचाई के प्रयोग के फलस्वरूप धान्य उत्पादन में हुई रिकार्ड तोड़ वृद्धि को हरित क्रांति कहते हैं।
- अधिक उपज, उत्तम गुणवत्ता और बदलती परिस्थितियों के लिए किस्मों में सुधार लाना आवश्यक है।
- पौधों के आर्थिक उपयोग के संदर्भ में पौधे की आनुवंशिक बनावट में सुधार लाने की विज्ञान और कला को पौध प्रजनन कहते हैं।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. मनुष्य की मौलिक आवश्यकताएँ क्या हैं ? हमारे प्राकृतिक संसाधनों में ह्रास क्यों हो रहा है ?
2. टिकाऊ कृषि की परिभाषा बताइए। टिकाऊ कृषि की क्या आवश्यकता है ?
3. खेती क्या है ? उपयुक्त उदाहरणों सहित व्याख्या दीजिए।
4. मिश्रित खेती क्या है ? मिश्रित खेती को कौन-से कारक प्रभावित करते हैं ?
5. मिश्रित खेती कृषि उत्पादन में टिकाऊपन कैसे ला सकती है ? उपयुक्त उदाहरण देकर बताइए।
6. मिश्रित फसली किसे कहते हैं ? मिश्रित फसली के क्या लाभ हैं ?
7. मिश्रित फसली के उद्देश्य बताइए। मिश्रित फसली हेतु फसलों का चुनाव कैसे करते हैं ?
8. अंतर्फसली क्या है ? यह मिश्रित फसली से किस प्रकार भिन्न है ?
9. फसल चक्र की परिभाषा बताइए। फसल चक्र के लिए फसलों का चुनाव कैसे किया जाता है ?
10. फसल चक्र के मूल्यांकन का क्या अभिप्राय है ? फसल चक्र के मूल्यांकन की विधियों का ब्यौरा दीजिए।
11. किस्मों में सुधार लाने की क्या आवश्यकता है ? किस्मों में सुधार के उद्देश्यों का विवरण दीजिए।
12. पादप प्रजनन की परिभाषा बताइए । पादप प्रजनन की विभिन्न विधियों का विवरण दीजिए।

# खाद्य संसाधन : जंतु
# (Food Resources : Animals)

पिछले अध्याय में हम पढ़ चुके हैं कि पेड़-पौधे हमारे भोजन के मुख्य स्रोत हैं। परंतु दूध अंडे तथा मांस जैसे खाद्य पदार्थ हमें जंतुओं से प्राप्त होते हैं। मांस और अंडे से मुख्यतः हमें प्रोटीन, वसा, विटामिन तथा खनिज प्राप्त होते हैं। दूध में भोजन के सभी घटक, जैसे – कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, वसा, विटामिन, खनिज तथा जल उपलब्ध होते हैं। दूध में कुछ विशेष प्रोटीन विटामिन A तथा D तथा फॉस्फोरस एवं कैल्सियम जैसे खनिज भी पाए जाते हैं। जंतुओं से प्राप्त कुछ खाद्य के पोषक मान सारणी 22.1 में दिए गए हैं।

जंतुओं से प्राप्त खाद्य पदार्थ हमें मुख्यतः दुधारू पशुओं, अंडे देने वाले पक्षियों तथा मांस देने वाले जंतुओं से प्राप्त होते हैं। हमारे देश में दूध, अंडे, मांस तथा मछलियों का उत्पादन व्यापक स्तर पर होता है।

हमारी सरकार ने जांतव खाद्य के उत्पादन को व्यावसायिक स्तर पर लाने के लिए बहुत-सी योजनाएँ प्रायोजित की हैं। जांतव खाद्य का उत्पादन किसान सहकारी समितियों तथा सरकारी संस्थाओं के सतत प्रयास से हमारे देश में पिछले दशकों में डेयरी, कुक्कुट, मत्स्य और सूअर पालन के द्वारा कई गुना बढ़ा है। (सारणी 22.2)।

अपनी विशाल जनसंख्या को भोजन उपलब्ध कराने के लिए यह आवश्यक है कि फसलों तथा जांतव खाद्य पदार्थों का उत्पादन उन्नत प्रौद्योगिकी अपनाकर बढ़ाया जाए। ऐसे प्रयासों से ही इस बढ़ती जनसंख्या को समुचित पोषण सुनिश्चित किया जा सकता है। प्रबंधन तथा प्रजनन पशुधन के उत्पादन के आवश्यक पहलू हैं। पालतु पशुओं की उचित देखरेख, आहार तथा प्रजनन व्यवस्था के अध्ययन को पशुपालन (Animal husbandry) कहते हैं। पशुधन की उत्पादकता एवं प्रबंधन को बढ़ाने के लिए एक निश्चित एवं योजनाबद्ध तरीके से उनके आवास, पोषण, प्रजनन, रोग उन्मूलन तथा उचित आर्थिक उपयोग की आवश्यकता होती है।

**सारणी 22.2 : जंतु स्रोत से खाद्य पदार्थों के उत्पादन का विवरण।**

| | खाद्य उत्पादन | | |
|---|---|---|---|
| *वर्ष* | *दूध (लाख टन)* | *मछली (लाख टन)* | *अंडा (करोड़)* |
| 1970 | 170 | 17.56 | 600 |
| 1980 | 302 | 24.42 | 1300 |
| 1990 | 515 | 32.00 | 1960 |
| 2000 | 780 | 56.56 | 3355 |

## 22.1 दुग्ध प्रदान करने वाले (दुधारू) पशु

हमारे देश में गाय, भैंस, बकरियाँ तथा ऊँट दूध देने वाले मुख्य पशु हैं। बकरी का दूध पोषक होता है तथा कभी कभी गाय के दूध की अपेक्षा अधिक पसंद किया जाता है। परंतु दुधारू गाय तथा भैंसों की तुलना में बकरी के दूध का उत्पादन काफी कम होता है। भैंस के दूध में वसा की मात्रा गाय के दूध से अधिक होती है। भैंस हमारे देश में दूध उत्पादन का मुख्य स्रोत है।

### 22.1.1 गायों की नस्लें

गायों से हमें भोजन के रूप में दूध तथा कृषि और आवागमन के लिए बैल प्राप्त होते हैं। हमारे देश में गायों की तीस प्रचलित नस्लें हैं। इन्हें तीन श्रेणियों में बाँटा गया है – जैसे भारवाही (draught), दुधारू और द्विउद्देशीय नस्लें।

**सारणी 22.1 : जंतुओं से प्राप्त खाद्य के पोषक मान।**

| *जंतुओं से* | *पोषक (प्रतिशत में)* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *प्राप्त खाद्य* | *वसा* | *प्रोटीन* | *शक्कर* | *खनिज* | *जल पोषक* |
| दूध (गाय) | 3.60 | 4.00 | 4.50 | 0.70 | 87.20 |
| अंडा | 12.00 | 13.00 | * | 1.00 | 74.00 |
| मांस | 3.60 | 21.10 | * | 1.10 | 74.20 |
| मछली | 2.50 | 19.00 | * | 1.30 | 77.20 |

* अति अल्प मात्रा में पाए जाते हैं।

26 नवंबर 1921 को जन्मे डॉ. वी. कुरियन नेशनल डेयरी डेवलपमेन्ट बोर्ड (NDDB) के संस्थापक हैं। उन्होंने विश्व के सबसे बड़े दुग्ध विकास कार्यक्रम (ऑपरेशन फ्लड) की संकल्पना की तथा इसे साकार किया। डॉ. कुरियन को आधुनिक भारत के दुग्ध उद्योग का रचनाकार तथा श्वेत क्रान्ति का जनक (Father of white revolution) कहा जाता है।

डॉ. वी. कुरियन

**(i) भारवाही नस्लें** : ये नस्लें शक्तिशाली तथा मजबूत होती हैं । इनका उपयोग बैलगाड़ी खींचने, खेत में हल चलाने तथा सामान को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ढोने में होता है। इस नस्ल की गायें दूध कम देती हैं।
**(ii) दुधारू नस्लें** : इस नस्ल की गायें अधिक दूध देती हैं, और इनके बैल (बछड़े) भारवाही कार्य योग्य नहीं होते हैं।
**(iii) द्विउद्देशीय नस्लें** : इस नस्ल की गायें संतोषजनक मात्रा में दूध देती हैं तथा इनके बैल (बछड़े) भी बोझा ढोने में कुशल होते हैं।

ग्रामीण क्षेत्रों में किसान मुख्यतः भारवाही तथा द्विउद्देशीय नस्लें पालते हैं। ये पशु एक परिवार के भरण योग्य दूध तथा कृषि कार्य में सहायक होते हैं। हमारे यहाँ देशज, विदेशज और संकर नस्ल की गायें पाई जाती हैं। विदेशज नस्लों के साँड तथा देशज नस्ल की गायों के बीच संगम (mating) कराने से संकर नस्लें विकसित की जाती हैं। देशी नस्ल की दुधारू गायें मुख्यतः तीन प्रकार की हैं।

(i) **रेड सिंधी** – यह गाय लाल रंग की होती है जिस पर गहरे तथा हल्के लाल चकत्ते होते हैं। यह मध्यम आकार की होती है (चित्र 22.1)।

(ii) **साहीवाल** – अन्य दुधारू गायों की तुलना में यह नस्ल उत्तम है। इसका शरीर आकार में बड़ा एवं भारी होता है (चित्र 22.1)।

(iii) **गिर** : यह नस्ल गुजरात के गिर जंगलों की मूल नस्ल है। ये गायें मध्यम आकार की और पर्याप्त मात्रा में दूध देने वाली होती हैं। डॉगी, देवनी, थारपरकर तथा हरियाणा द्विउद्देशीय नस्ल की गायें हैं जो पर्याप्त दूध देती हैं।

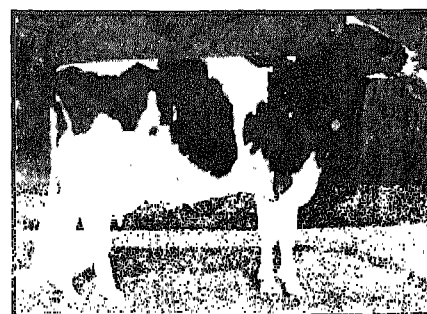
हमारे देश में संकर प्रजनन के लिए कुछ चयनित विदेशज नस्ल की गायों को उपयोग में लाया गया है जैसे –

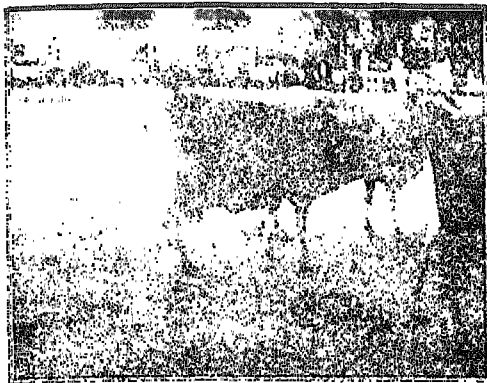
*रेड सिंधी*

*साहीवाल*

*चित्र 22.1 : भारतीय नस्ल की गायें।*

**जरसी** : यह गाय अमेरिका के जरसी द्वीप की मूल नस्ल है। **होल्स्टीन-फ्रीजीयन** : यह मूलतः हॉलैंड की नस्ल है। **ब्राउन स्विस** : यह स्विट्जरलैंड की द्विउद्देशीय नस्ल है।

*ब्राउन स्विस*

*होल्स्टीन फ्रीजीयन*

*चित्र 22.2 : गायों की विदेशज नस्लें।*

*करन स्विस*

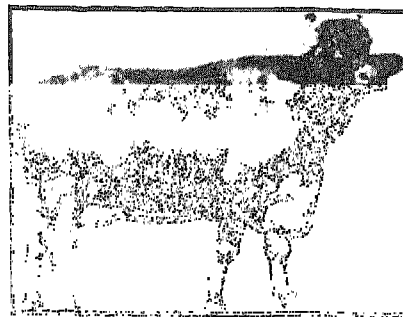
*करन फ्राइस*

*चित्र 22.3 : दुधारू नस्ल की गायें।*

हमारे देश में उन्नत नस्ल की गायें करनाल, हरियाणा स्थित राष्ट्रीय डेयरी अनुसंधान संस्थान (NDRI), द्वारा विकसित की गई हैं । कुछ सफल संकर नस्लें हैं: (a) **करन स्विस** : ब्राउन स्विस एवं सहीवाल का संकर वर्ण। (b) **करन फ्राइस** : यह थारपरकर तथा होल्स्टीन-फ्रीजीयन के बीच संकरण से विकसित हुई (चित्र 22.3)। (c) **फ्राइसवाल** : होल्स्टीन-फ्रीजीयन तथा साहीवाल की संकर नस्ल। इन नई संकर नस्लों का दूध उत्पादन देशज गायों की तुलना में दो से तीन गुना अधिक है।

### 22.1.2 भैंस की नस्लें

भैंस का पालन भारत में व्यापक स्तर पर होता है। हमारे देश में भैंस की दस नस्लें पाई जाती हैं। अधिक दूध देने वाली महत्त्वपूर्ण नस्लें निम्नलिखित हैं :

(i) **मुर्रा** : यह पंजाब तथा हरियाणा की मूल नस्ल है (चित्र 22.4)। इसका औसत दुग्ध उत्पादन 1800-2500 लीटर है जिसमें वसा की मात्रा सात प्रतिशत होती है।

*चित्र 22.4 : मुर्रा भैंस।*

(ii) **मेहसाना** : यह गुजरात के बडोदरा तथा मेहसाना जिले की एक नस्ल है। इसका दुग्ध उत्पादन लगभग 1200 से 2500 लीटर होता है। ये अपेक्षाकृत कम आयु में दूध देने तथा नियमित प्रजनन अंतराल के लिए प्रचलित हैं।

(iii) **सुरती** : यह गुजरात के कैयरा तथा बडोदरा जिले की नस्ल है। यह अपने दुग्धकाल में 1600-1800 लीटर दुग्ध प्रदान करती है। इनके दूध में वसा की मात्रा 8 से 12 प्रतिशत पाई जाती है। यह नस्ल देश के अन्य भागों में भी सफलतापूर्वक पाली जा सकती है ।

**क्रियाकलाप** : किसी डेयरी फार्म अथवा ग्वाले के यहाँ जाइए और यह पता कीजिए कि गाय और भैंसों की कौन-कौन सी नस्ले हैं। इन पशुओं को दिए जाने वाले आहार तथा उनके आवास की बनावट का निरीक्षण कीजिए। किसानों से इन पशुओं की सामान्य बीमारियों के बारे में जानकारी प्राप्त कीजिए तथा उनकी एक सूची बनाइए।

### 22.1.3 आवास एवं खाद्य प्रबंधन

भैंस तथा गाय को साफ-सुथरा रखना केवल स्वच्छ दूध के लिए ही नहीं बल्कि इनके स्वास्थ्य के लिए भी आवश्यक है। इनके शरीर से धूल तथा टूटे हुए बालों को साफ करने के लिए इनकी नियमित झाड़-पोंछ की आवश्यकता होती है।

वर्षा, गर्मी तथा ठंडी से बचाने के लिए पशुओं को पक्के छतों या छप्परदार आवास में रखा जाता है । पशुओं के आवास में फर्श को ढलुवा बनाते हैं जिससे मलमूत्र आसानी से बाहर निकल जाए तथा उनके बैठने का स्थान सूखा रहे। एक गाय को लगभग छः वर्गमीटर तथा भैंस को इससे कुछ अधिक जगह की आवश्यकता

होती है । पशुओं को भोजन देने के लिए आहार नली तथा आहारपात्र बनाए जाते हैं। हवा के आवागमन के लिए मवेशीखाने में पर्याप्त खिड़कियों तथा रोशनदानों का प्रावधान आवश्यक है।

दुधारू पशुओं के आहार को दो प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है :

**(a) जीवन आपूर्ति आवश्यकता** : जिस आहार से इनके दैनिक जीवन की मूल आवश्यकताओं की पूर्ति हो सके।
**(b) दुग्ध उत्पादन आवश्यकता** : दूध देने की अवधि के दौरान आवश्यक आहार। पशु आहार में शामिल हैं– **(i) रूक्ष अंश,** अधिकतर रेशेदार होता है जैसे हरा चारा, भूसा, पुआल तथा फली, जैसे - बरसीम, ल्यूसिरिन तथा लोबिया इत्यादि। **(ii) संकेंद्रित खाद्य** : इनमें रेशों की कम मात्रा तथा प्रोटीन एवं अन्य पोषक अपेक्षाकृत अधिक मात्रा में होते हैं । इनमें अनाज, जैसे– मक्का, जौ, ज्वार, चना तथा इनसे प्राप्त दलिया, भूसी, चुरी, खली, गुड़ और शीरा आदि पोषक तत्व सम्मिलित हैं। दुधारू पशु को संतुलित आहार दिया जाता है जिसमें सभी पोषक तत्व पर्याप्त मात्रा में होते हैं। पशुओं को 24 घंटों में दिए जाने वाले आहार को राशन कहा जाता है। गायों के लिए यह मात्रा 15 से 20 किलोग्राम हरा चारा तथा 4 से 5 किलोग्राम अनाज के दाने का मिश्रण होता है। गायों को प्रतिदिन 30 से 35 लीटर जल की आवश्यकता होती है।

उपरोक्त बताए गए पोषक तत्वों के अतिरिक्त दुधारू पशुओं को कुछ पूरक खाद्य पदार्थ की आवश्यकता होती है जिसमें खनिज, प्रतिजैविक (antibiotic), हारमोन्स इत्यादि सम्मिलित हैं। ऐसे पूरक खाद्य पशु की समुचित वृद्धि में सहायता करते हैं, दुग्ध उत्पादकता बढ़ाते हैं तथा बीमारियों से इनकी रक्षा करते हैं। पशुओं के कुपोषण से उनकी दुग्ध उत्पादन क्षमता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

### 22.1.4 पशुओं की बीमारियाँ

पशुओं को कई प्रकार के रोग होते हैं, जिनके कारण इनके जीवनकाल के साथ दुग्ध उत्पादन क्षमता पर विपरीत प्रभाव पड़ता है। पशुओं के स्वास्थ्य की पहचान उनके नियमित आहार, सामान्य चलने-बैठने की दशा, शरीर के तापमान, नाड़ी तथा श्वसन दर से की जाती है। गाय के शरीर का तापमान 38.3 °C होता है। इनकी नाड़ी दर 40 से 60 प्रति मिनट तथा श्वसन दर 15 से 30 प्रति मिनट होती है । भैंस के शरीर का तापमान 37.2 से 38.2 °C तक, तथा नाड़ी दर 40 से 45 प्रति मिनट और श्वसन दर 16 से 18 प्रति मिनट होती है।

दुधारू पशुओं की बीमारियों को सामान्यतः तीन वर्गों में विभाजित किया गया है।

(i) परजीवी (ii) संक्रमणीय (iii) असंक्रमणीय। बाह्य तथा आंतरिक दोनों प्रकार के परजीवी पशुओं में पाए जाते हैं। बाह्य परजीवी त्वचा पर होते हैं तथा त्वचा संबंधी रोग पैदा करते हैं। आंतरिक परजीवी जैसे कि कृमि आमाशय और आँतों को प्रभावित करते हैं। पशुओं में पाया जाने वाला फ्लूक्स उनके यकृत को प्रभावित करता है। संक्रमणीय बीमारियों के मुख्य कारण जीवाणु तथा विषाणु होते हैं। इनसे पशुओं में होने वाली प्रचलित बीमारियाँ, जैसे– **फुट एवं माउथ रोग**, **एंथ्रैक्स**, **पशु महामारी**, **हीमोरेजिक सेप्टीसेमिया**, **ब्लैक क्वार्टर** तथा **काउपॉक्स** आदि हैं। पालतू पशुओं की कुछ बीमारियाँ मनुष्यों में भी फैल सकती हैं। ऐसी संक्रामक बीमारियों की रोकथाम तथा नियंत्रण के लिए हमें उचित सावधानी बरतनी चाहिए। जीवाणुओं एवं विषाणुओं से होने वाली अधिकतर बीमारियों के लिए प्रभावी प्रतिरोधी टीके विकसित हो चुके हैं और वे हमारे देश में उपलब्ध हैं। इन बीमारियों की रोकथाम के लिए पशुओं की उचित देखरेख आवश्यक है। हमारे देश में 40000 से अधिक पशु चिकित्सा केंद्रों पर व्यापक टीकाकरण कार्यक्रम चलाया जा रहा है जो इन बीमारियों की रोकथाम एवं प्रबंधन में सहायक है।

### 22.1.5 प्रजनन

देशज नस्लों की गायों से औसतन 6 से 8 लीटर दूध प्रतिदिन प्राप्त होता है जबकि विदेशज नस्लें लगभग 60 लीटर तक दूध प्रतिदिन देती हैं। विदेशज नस्लों में दुग्धस्रवण काल (दूध देने का समय बछड़े को जन्म देने से सगर्भता तक) देशज नस्लों की तुलना में अधिक होता है। देशज गायों की दुग्ध उत्पादन क्षमता बढ़ाने के लिए हमारे देश में कई अनुसंधान केंदों पर संकरण कार्यक्रम चलाए जा रहे हैं। इन प्रयासों में देशज तथा विदेशज नस्लों के बीच संकरण (संगम) कराया जाता है। सफल संकर गायों के दुग्ध उत्पाद एवं दुग्धस्रवण काल में महत्त्वपूर्ण सुधार हुआ है (सारणी 22.3)। कृत्रिम वीर्यसेचन (artificial insemination) की विधि द्वारा पूरे देश में उन्नत संकरण कार्यक्रम विस्तृत स्तर पर चलाया जा रहा है। इस विधि में शुद्ध नस्ल के साँड से वीर्य प्राप्त करके हिमकारी तापमान पर संचित किया जाता है। जब गायें

**मानव में संचरित होने वाली कुछ पशु बीमारियाँ**

| *कारक* | *बीमारी* |
|---|---|
| विषाणु | रेबीज, काउपॉक्स नसेफेलाइटिस |
| जीवाणु | एंथ्रैक्स, ट्यूबरक्यूलोसिस, ब्रूसेलोसिस |
| कवक | एक्टीनोमाइकोसिस, एस्पेरीजिलोसिस, रिंगवर्म |
| परजीवी | अमीबियासिस, ट्रिपैनोसोमियासिस, एस्केरियासिस |

**रोकथाम के उपाय**

- बीमारियों के लिए पशुओं की नियमित जाँच करना
- पशुओं का अनिवार्य टीकाकरण
- मृत पशुओं तथा पशुओं के मलमूत्र का उचित निष्पादन करना
- पशुओं से प्राप्त होने वाली उपयोगी वस्तुओं का स्वास्थ्य संगत रखरखाव करना।

सारणी 22.3 : दुग्ध काल में दुग्ध उत्पादन।

| *दुधारू नस्ल की गायें* | *औसत दुग्ध उत्पाद (लीटर)* | *दुग्ध काल (दिन)* |
|---|---|---|
| साहीवाल | 2800 | 300 |
| होल्स्टीन-फ्रीजीयन | 16000 | 365 |
| फ्राइसवाल | 5000 | 326 |

मदकाल (heat) में हों तब वीर्य को उनकी योनि में निषेचन के लिए अंतःक्षिप्त किया जाता है। पशु पालकों एवं ग्रामीण किसानों के लाभ के लिए 6000 से अधिक कृत्रिम वीर्यसेचन केंद्र देश के विभिन्न भागों में स्थापित किए गए हैं। एक ऐसा ही केंद्र भारतीय पशुचिकित्सा अनुसंधान संस्थान (Indian Veterinary Research Institute- IVRI) इज्जतनगर उत्तर प्रदेश में है। कृत्रिम वीर्यसेचन के बहुत से लाभ हैं: (i) एक बैल से प्राप्त शुक्र द्वारा बहुत-सी गायों (3000 तक) को निषेचित किया जा सकता है। (ii) हिमशीतित वीर्य को लंबे समय तक संचित किया जा सकता है तथा देश के सुदूर भागों में पहुँचाया जा सकता है। (iii) सफल निषेचन तथा आर्थिक दृष्टि से यह विधि लाभप्रद है।

**भ्रूण स्थानान्तरण**

पशुओं की नस्ल सुधारने के लिए भ्रूण स्थानान्तरण एक अन्य प्रविधि हैं। इस विधि में विकसित भ्रूण को किसी उच्च नस्ल के संगर्भित पशु से निकालकर निम्न गुणों वाली मादा में स्थानान्तरित कर दिया जाता है तथा जन्म लेने तक भ्रूण का विकास उसी मादा के शरीर में होता है। इस तकनीक द्वारा पशुधन की गुणवत्ता तथा उत्पादकता में सुधार किया जा सकता है।

**प्रश्न**

1. सही या गलत बताइए :
   (i) जरसी भारतीय नस्ल की गाय है ।
   (ii) भैंस की एक नस्ल मेहसाना है।
   (iii) रिंडरपेस्ट एक परजीवी रोग है।
   (iv) करन स्विस को, जरसी तथा रेड सिंधी के बीच संकरण से प्राप्त किया जाता है।
2. निम्नलिखित में केवल एक अंतर लिखिए :
   (i) साहीवाल तथा ब्राउन स्विस
   (ii) मुर्रा तथा थारपरकर
   (iii) रूक्ष अंश तथा संकेंद्रित खाद्य
3. गायों की दो उन्नत संकर नस्लों के नाम लिखिए।
4. कृत्रिम वीर्यसेचन के लाभ बताइए।

## 22.2 कुक्कुट पालन

मुर्गियों से हमें बड़े पैमाने पर अंडे प्राप्त होते हैं। मुर्गीपालन के क्षेत्र में सतत प्रयास से ही हमारे देश में अंडों का उत्पादन बढ़ना संभव हुआ है।

### 22.2.1 कुक्कुट की नस्लें

हमारी देशज मुर्गियों की तीन शुद्ध नस्लें हैं। एसील या इंडियन गेम सर्वोपयोगी नस्ल है। इस नस्ल से मांस अधिक मात्रा में प्राप्त होता है परंतु ये कम अंडे देने वाली होती हैं। इसके मुर्गों का औसत वजन 4 से 5 किलोग्राम तथा मुर्गी का 3 से 4 किलोग्राम होता है। पीला (सुनहरा

लाल), याकूब (काला और लाल), नूरी (सफेद) एवं काजल (काली) इस किस्म की प्रचलित नस्लें हैं। हमारे देश में उपयोग में आने वाली विदेशज नस्लें निम्न हैं :

(i) *व्हाइट लैगहार्न :* यह लंबे सफेद अंडे देने वाली मशहूर नस्ल है। यह अधिक लोकप्रिय इसलिए है कि इसके शरीर का आकार छोटा होता है, जिससे इसके पालन पोषण में कम आहार की आवश्यकता होती है (चित्र 22.5)।

(ii) *रोडे आईलैंड रेड :* यह नस्ल अमेरिका के रोडे आईलैंड फार्म में विकसित की गई है। यह द्विउपयोगी नस्ल है, यह अधिक अंडे एवं मांस प्रदान करने वाली (broiler) नस्ल है।

अंडे तथा मांस के उत्पादन के लिए आजकल अधिकतर संकर नस्लों का उपयोग होता है। हमारे देश में संकरण विधि द्वारा उन्नत गुणवत्ता के व्यावसायिक लेयर्स तथा ब्रौलर्स प्राप्त करने हेतु कई अनुसंधान कार्यक्रम चलाये जा रहे हैं। उन्नत संकर नस्लें HH-260, IBL-80 तथा B-77 हैं।

### 22.2.2 कुक्कुटों की देखभाल

कुक्कुट पालन में उनके आहार, आवास तथा व्याधि नियंत्रण का उचित ध्यान रखना अति आवश्यक होता है। मुर्गियों के जीवन के प्रथम चरण **को वर्धनकाल** कहते हैं (लैंगिक परिपक्वता तक)। चूजों की इस अवस्था को **ग्रोअर्स** कहते हैं। इनको रहने के लिए पर्याप्त स्थान की आवश्यकता होती है। अति संकुलता से इनकी वृद्धि कम हो जाती है। इन्हें आकलित तथा सीमित आहार दिया जाता है। लैंगिक परिपक्वता से लेकर अंडे देते रहने तक की अवधि को **लेइंग पीरियड** कहते हैं, और ऐसी मुर्गियों को **लेयर्स** कहा जाता है। लेयर्स को पर्याप्त स्थान एवं उचित प्रकाश की आवश्यकता होती है। प्रकाश की तीव्रता एवं अवधि का मुर्गी के अंडा देने की क्षमता पर अनुकूल प्रभाव पड़ता है।

ब्रौलर का उपयोग मांस प्राप्त करने के लिए होता है। इनकी आवास, पोषण एवं वातावरणीय आवश्यकताएँ लेयर्स से भिन्न होती हैं, जो इनकी तीव्र वृद्धि तथा अल्प मृत्युदर के लिए उपयुक्त होता हैं। ब्रौलर के आहार में प्रोटीन तथा वसा की मात्रा पर्याप्त होती है। कुक्कुट आहार (Poultry feed) में विटामिन 'A' तथा 'K' की मात्रा अधिक होती है।

*चित्र 22.5 : व्हाइट लैगहार्न।*

कुक्कुट को अनेक बीमारियाँ हो सकती हैं। ये बीमारियाँ अलग-अलग कारणों से जैसे – विषाणु, जीवाणु, कवक, अन्य परजीवी तथा पोषण की कमी इत्यादि से होती हैं। कुक्कुट पालकों को इन कारणों से होने वाली क्षति की रोकथाम के लिए उचित सावधानियाँ बरतनी चाहिए। कुक्कुट पालकों को नियमित स्वच्छता तथा सफाई, विसंक्रमी पदार्थों के छिड़काव का ध्यान रखना चाहिए। समुचित टीकाकरण से संक्रमणीय बीमारियों की रोकथाम हो सकती है तथा इन बीमारियों से कुक्कुटों की भारी क्षति को रोका जा सकता है।

#### क्रियाकलाप

किसी स्थानीय कुक्कुट फार्म अथवा मुर्गीपालन करने वाले कृषक के यहाँ जाइए। मुर्गियों की नस्लों तथा उनके आहार, आवास एवं प्रकाश व्यवस्था का अवलोकन कीजिए तथा इसका विवरण लिखिए। ग्रोअर्स, लेयर्स तथा ब्रौलर्स की पहचान कीजिए। यह बताएँ कि इनका प्रबंधन पर्याप्त एवं समुचित है या नहीं।

## 22.3 मत्स्य पालन

मछली एक अन्य महत्त्वपूर्ण खाद्य संसाधन है। यह प्रोटीन का एक समृद्ध स्रोत है। मछली जलीय जीव है, इनका उत्पादन जलकृषि के अंतर्गत होता है। हमारे देश में मत्स्य उत्पादन के लिए पर्याप्त अवसर हैं। हमारे देश में 16 लाख हेक्टेयर अंतःस्थलीय जलीय क्षेत्र तथा 6500 किलोमीटर लंबी तटरेखा मछली उत्पादन के लिए उपयुक्त है। मछलियों

के अतिरिक्त ऑयस्टर, मसल, झींगा, लॉबस्टर आदि प्रमुख समुद्री खाद्य पदार्थ हैं। हमारे जल प्रदाय जैसे तालाब, नदियाँ, झील तथा झरने आदि अलवण जलीय मछलियों के स्रोत हैं। इंडियन मेजर कार्प जैसे– कतला, रोहू, मृगल तथा विदेशज नस्लें जैसे– सिल्वर कार्प तथा ग्रास कार्प आदि हमारे अलवण जलप्रदायों की खाद्य मछलियाँ हैं। कतला सबसे तेज वृद्धि करने वाली मछली है।

मछलियों में प्रजनन, स्फूटन तथा विकास के लिए नई तकनीक के प्रयोग से हमारे देश के मछली उत्पादन परिदृश्य में वृहद परिवर्तन एवं विकास हुआ है। मछली उत्पादन को बढ़ाने के लिए पूरे देश में मत्स्य पालकों को छोटे तथा बड़े स्तर की मत्स्यशालाएँ उपलब्ध हैं।

मछलियों के अनेक शत्रु हैं। भृंग, जलीय शलभ, मेंढक, साँप और पक्षी आदि छोटी तथा बड़ी मछलियों को खा जाते हैं। मछलियों में बीमारी के मुख्य कारक जीवाणु तथा विषाणु हैं। IPN (इंफेक्सीयस पैंक्रियाटिक नेक्रासिस) तथा VHS (वायरल हीमोरेजिक सेप्टीसेमिया) मछलियों में पाई जाने वाली आम संक्रमणीय बीमारियाँ हैं। जल प्रदूषण से मछलियों को बहुत हानि होती है। जल प्रदायों का प्रदूषण मत्स्य पालकों के लिए प्रमुख समस्या है, क्योंकि इसके कारण छोटी, बड़ी सभी आकारों की मछलियाँ एक ही समय पर मर जाती हैं। मत्स्य पालन केंद्र के उचित रखरखाव के लिए जल में आक्सीजन, कार्बन डाइऑक्साइड तथा pH के स्तर का नियमित आंकलन आवश्यक होता है।

## 22.4 मांस प्रदान करने वाले पशुधन

कुक्कुट तथा मछलियों के अतिरिक्त भारत में लगभग 70 प्रतिशत मांस की आपूर्ति बकरी, भेड़ तथा सुअरों से होती है। भेड़ एवं सुअर की अपेक्षा बकरे के मांस की माँग अधिक है। बकरी तथा भेड़ों से दूध और ऊन भी प्राप्त होता है। दोनों पशुओं का रखरखाव एवं पालन सरल होता है।

भेड़ों को विशेष रूप से बनाए गए आवास की आवश्यकता नहीं होती है। भेड़ों के बहुतायत झुंड, वृक्षों तथा पहाड़ों के प्राकृतिक छायादार स्थानों में रहते हैं। ऊन तथा मांस के उत्पादन हेतु बहुत-सी देशज एवं विदेशज नस्ल की भेड़ों का उपयोग होता है। **नेल्लोर** तथा **मंडया** हमारे देश की प्रमुख नस्लें हैं। ये ऊन प्रदान करने के लिए मशहूर हैं। ऊन प्रदान करने वाली देशज नस्लों को **डोरसेट** तथा **सेफोलेक** जैसे विदेशज मांसल नस्लों से संकरण के अच्छे परिणाम प्राप्त हुए हैं। उन्नत संकर नस्लों के शारीरिक भार में 30-50% तक वृद्धि हुई है।

हमारे देश में बकरियों की 20 प्रचलित देशज नस्लें हैं। यह देश के विभिन्न क्षेत्रों में पाई जाती हैं। **जमुनापरी, हिमालयन, बंगाल तथा असम हिल, डकनी तथा उस्मानाबादी, काठियावाड़ी** आदि नस्लें हैं। प्रचलित विदेशज नस्लों में **टॉगेनबर्ग**, **सॉनेन** और **अलपाइन** हैं। बकरियों को शुष्क निरापद एवं शत्रुओं से सुरक्षित आवास की आवश्यकता होती है। इनको अधिक सर्दी एवं गर्मी से सुरक्षित रखना आवश्यक है। शुष्क मौसम में बकरियों को छायादार वृक्षों के नीचे रखा जाता है। बकरियों को आहार में स्वच्छ एवं ताजा चारा और बरसीम जैसे फलीदार पौधे का भूसा, तथा वृक्षों की पत्तियाँ आदि दी जाती हैं। एक बकरी को लगभग 5 kg रूक्ष अंश (3 से 4 kg हरा चारा तथा 1.2 g सूखा भूसा) तथा 250 g संकेंद्रित दिया जाता है।

बकरियों तथा भेड़ों की प्रमुख बीमारियाँ जीवाणु तथा विषाणुओं द्वारा होती हैं। जैसे **ब्लैक क्वार्टर**, **संक्रामक गर्भस्राव** और **वाइब्रियोसिस** जीवाणु जनित बीमारियों के कुछ उदाहरण हैं। **सोर मुखदाह** (Sore mouth), **गोटपॉक्स** तथा **रिन्डरपेस्ट** जैसे रोग विषाणुओं के संक्रमण से होते हैं। अन्य परजीवी आक्रमणों तथा पोषण की कमी से भी बकरियों को कई बीमारियाँ होती हैं। नियमित टीकाकरण, उचित सफाई और पशु चिकित्सकों की सलाह इन बीमारियों के रोकथाम के प्रमुख उपाय हैं।

**प्रश्न**

1. दो विदेशज कुक्कुट नस्लों के नाम लिखिए।
2. लेइंग पीरियड क्या होता है ?
3. VHS का विस्तृत नाम लिखिए।
4. किन्हीं तीन देशज नस्ल की बकरियों के नाम लिखिए।

## आपने क्या सीखा

- गाय, भैंस, कुक्कुट, मछली, बकरियाँ तथा भेड़ उपयोगी पशु हैं जिनसे हमें खाद्य पदार्थ प्राप्त होते हैं।
- दूध में सभी पोषक तत्व जैसे कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, वसा, विटामिन तथा खनिज पाए जाते हैं।
- हमारे देश में गायों की 30 तथा भैंसों की 10 नस्लें पाई जाती हैं।
- उन्नत संकर नस्लें देशज तथा विदेशज गायों के बीच संकरण करने से विकसित की गई हैं। करन स्विस, करन फ्राइस तथा फ्राइसवाल संकर नस्लें हैं।
- फार्म पशुओं के उचित देखरेख तथा प्रवर्धन जैसे आवास, आहार, प्रजनन और रोग नियंत्रण की आवश्यकता होती है। इसे पशुपालन (animal husbandry) कहा जाता है।
- वीर्यसेचन बड़े पैमाने पर संकरण की लिए एक प्रभावशाली तकनीक है। हमारे देश में यह तकनीक सभी पशु चिकित्सा इकाइयों पर उपलब्ध है।
- एसील नामक देशज कुक्कुट नस्ल मांस उत्पाद के लिए मशहूर है। व्हाइट लैगहॉर्न एवं रोडे आईलैंड रेड जैसी विदेशज नस्लें पर्याप्त अंडा देने के लिए जानी जाती हैं।
- भारत में 16 लाख हेक्टेयर अंतःस्थली जलप्रदाय तथा 6500 किलोमीटर लंबी तटरेखा मत्स्य उत्पादन के लिए संभावित स्रोत है। कतला, रोहू, मृगल, सिल्वर कार्प और ग्रास कार्प भारतीय मछलियों की प्रमुख किस्में हैं।
- हमारे देश में बकरी तथा भेड़ों की विभिन्न नस्लें मांस एवं अन्य उपयोगी जंतु उत्पादों के लिए प्रयोग में आती हैं।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. हमारे भोजन के प्रमुख स्रोत क्या हैं ?
2. "दूध एक प्रचुर पोषक आहार है"। इस कथन की पुष्टि पुस्तक में दी गई सारणी की सहायता से कीजिए।
3. चार ऐसे जंतुओं के नाम लिखिए जिनसे हमें खाद्य पदार्थ प्राप्त होते हैं।
4. जांतव स्रोत से प्राप्त होने वाले खाद्य पदार्थों के नाम लिखिए।
5. किन्हीं दो भारतीय नस्लों के नाम लिखिए : (i) गाय तथा (ii) भैंस।
6. विदेशज नस्ल की दो गायों के नाम लिखिए ।
7. गाय की उन्नत संकर नस्लों का उल्लेख कीजिए ।
8. पशुपालन की परिभाषा लिखिए।
9. NDRI का विस्तृत नाम लिखिए।
10. गाय, मुर्गी, तथा मछलियों के दो-दो संक्रामक रोगों के नाम लिखिए।
11. पशुओं में संकरण किस प्रकार उपयोगी है ?
12. कृत्रिम वीर्यसेचन की परिभाषा लिखिए।
13. दो प्रकार की भारतीय मछलियों के नाम लिखिए।
14. मछलियों के अतिरिक्त अन्य समुद्री खाद्य के नाम लिखिए।
15. भेड़ तथा बकरियाँ हमारे लिए कैसे उपयोगी हैं ?
16. दूध, अंडे तथा मछलियों में पाई जाने वाली प्रोटीन का प्रतिशत बताइए।
17. जानवरों में होने वाले रोगों की रोकथाम हेतु कुछ उपाय बताइए।
18. किन उपायों द्वारा देश में जंतु स्रोत से प्राप्त खाद्य उत्पाद को बढ़ाया जा सकता है ?
19. पिछले कुछ दशकों में जंतु स्रोतों से प्राप्त होने वाले खाद्य पदार्थ का उत्पादन बढ़ा है, इस कथन की पुष्टि कीजिए ?

# हमारा पर्यावरण
# (Our Environment)

अध्याय

जीव के चारों ओर की कुल परिस्थितियाँ और वह सभी कुछ जो उसके जीवन को किसी भी प्रकार से प्रभावित करता है, **पर्यावरण** कहलाता है। इसमें भौतिक और जैविक घटक सम्मिलित हैं। पर्यावरण के भौतिक घटक मिट्टी, जल, वायु, प्रकाश और तापमान हैं। इनको अजैविक घटक कहते हैं। पौधे और प्राणी (मनुष्य सहित) सभी मिलकर जैविक घटक कहे जाते हैं। पर्यावरण के ये सब घटक इकट्ठे काम करते हैं और पारस्परिक क्रिया से एक दूसरे के प्रभाव को कम व ज्यादा करते रहते हैं।

## 23.1 आवास और अनुकूलन

आवास एक जीव का विशेष वातावरण है जिसमें वह रहता है और बढ़ता है। पौधों और प्राणियों के आवास प्रायः भिन्न-भिन्न होते हैं। एक विशेष आवास में सफलतापूर्वक रहने के लिए पौधों और प्राणियों में विशेष संरचनाएँ होती हैं जो अनुकूली लक्षण कहलाते हैं, जैसे मछली के पख, पक्षी के पंख और कैक्टस के काँटे। ऐसे संरचनात्मक परिवर्तन उनको एक विशेष प्रकार के आवास में रहने के अनुकूल बनाने में सहायता करते हैं। इसको **अनुकूलन** कहा जाता है।

पौधे व प्राणी विविध आवासों में रहते हैं, यथा (i) स्थलीय आवास (ii) जलीय आवास और (iii) वायवीय आवास।

### 23.1.1 पौधों में अनुकूलन

आवास में उपलब्ध जलमात्रा के आधार पर पौधों में विभिन्न प्रकार से परिवर्तन हुए हैं और उन्होंने अपनी दैहिक संरचनाओं और जीवनचर्या को आवश्यकतानुसार अनुकूल बना लिया है (चित्र 23.1)। जिनको जल प्राप्ति में कठिनाई होती है, **मरूद्भिद्** कहलाते हैं। **जलोद्भिद्** वहाँ उगते हैं जहाँ जल प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है। **समोद्भिद्** की स्थिति बीच की है। अतएव इनको (क) **मरूद्भिद्**, (ख) **समोद्भिद्** व (ग) **जलोद्भिद्** के रूप में वर्गीकृत किया जाता है।

**मरूद्भिद्** : ये वे पौधे हैं जो वहाँ उगते हैं जहाँ पानी की कमी है, जैसे कि मरुस्थल और रेतीली पहाड़ियाँ। इनमें भिन्न प्रकार के अनुकूली लक्षण होते हैं। इनका जड़ तंत्र बहुत फैला हुआ होता है जो पानी की तलाश में बढ़ता रहता है, उदाहरण *एल्हेजाइ*। पत्तियों का आकार सूक्ष्म हो जाता है, जैसे– *ऐकेशिया* (बबूल) और *प्रोसोपिस* में। कुछ पौधों में पत्तियाँ छोटे घने रोम से ढकी होती हैं, जैसे *कैलोट्रोपिस* (आक) में। इनके रंध्र अंदर धँसे हुए होते हैं। कुछ पौधों में, जैसे *ओपंशिया* (नागफनी) और *यूफॉर्बिया* में, पत्तियाँ काँटों में परिवर्तित हो जाती हैं। तना गूदेदार हरा होता है और प्रकाश संश्लेषण का कार्य करता है। जल हानि रोकने के लिए ये मोमी परत से ढके होते हैं।

**समोद्भिद्**: ये पौधे ऐसे क्षेत्रों में होते हैं जहाँ पानी न तो कम है न अधिक, जैसे खेती योग्य जमीन। इनकी जड़ें मूलरोम सहित पर्याप्त विकसित होती हैं। तना ठोस और पर्याप्त शाखायुक्त होता है। पत्ते साधारणतया बड़े, चौड़े, पतले और भिन्न आकार के होते हैं। इनमें बहुत सारे रंध्र होते हैं। उदाहरण : आम, मक्का, टमाटर और गेहूँ।

**जलोद्भिद्** : ये वे पौधे हैं जो प्रचुर जलमात्रा में होते हैं। ये जल सतह पर मुक्त प्लवन (free floating) कर सकते हैं, जड़बद्ध तथा प्लवन कर सकते हैं, या जलमग्न रह सकते हैं। जल की पर्याप्त उपलब्धता के कारण जड़तंत्र कम विकसित है जैसे, *आइकोर्निया* में, या बिल्कुल नहीं है जैसे, *सिरैटोफिलम* में। तना कम है जैसे *लेमना* में, या तना लंबा पतला और लचीला हो सकता है जैसे *निलंबु* (कमल) में। बड़े वायु युक्त स्थान होने के कारण ये स्पंजी स्वभाव के होते हैं, जो इनको

उत्प्लावित रखता है। जलमग्न पौधों, जैसे *हाइड्रिला* व *वैलिसनेरिया* में पत्तियाँ पतली एवं संकरी होती हैं। जल के ऊपर तैरने वाले पौधों में पत्तियाँ बड़ी और चपटी होती हैं तथा इनकी ऊपरी सतह मोमी होती है, जैसे *निलंबु* (कमल) तथा *निम्फी* (जल लिली)।

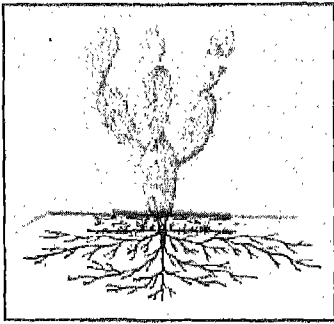
**क्रियाकलाप**

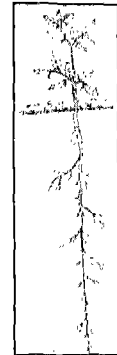
अपने घर के समीप एक तालाब या झील देखने जाएँ। आप कुछ जलीय पौधे पाओगे। तैरने वाले और जलमग्न पौधों को पहचानें। इन्हें अपने स्कूल में लाएँ और उन लक्षणों की सूची बनाएँ जो जलीय प्रणाली के उपयुक्त हैं। इनकी तुलना एक मरूद्भिद् पौधे, जैसे कैक्टस, के लक्षणों से करें।

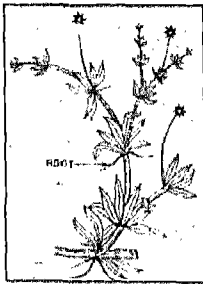
## 23.1.2 प्राणियों में अनुकूलन

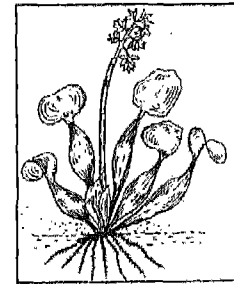
प्राणियों में विभिन्न संरचनात्मक व कार्यात्मक अनुकूली लक्षण होते हैं जो उनको अपने-अपने आवास में सफलतापूर्वक जीने योग्य बनाते हैं (चित्र 23.2)।

**(a) स्थलीय अनुकूलन :** जमीन पर रहने की आदतों और तरीकों में स्थलीय प्राणी भिन्न-भिन्न होते हैं। वे धावक (runners), बिलकारी (burrowers), खोदने वाले (diggers), आरोही (climbers) और उड़ने वाले (fliers) हो सकते हैं और इस कारण भिन्न अनुकूली लक्षण प्रदर्शित करते हैं :

(i) *पाद में रूपांतरण:* पंचांगुलि पैर, जो चलने और दौड़ने में काम आते हैं, तीन प्रकार से रूपांतरित होते हैं : (1) पादतलचारी (plantigrade), जिनमें हथेली और तलवा जमीन पर टिकता है, उदाहरणस्वरूप: रीछ व बैबून। (2) अंगुलिचारी (digitigrade), जो अंगुलियों

*ओपन्शिया* (नागफनी) : शाखान्वित सतही जड़ें, मोटा हरा तना, काँटों में परिवर्तित पत्तियाँ दर्शाता एक तना मांसलोद्भिद

*अगेव* : मासंल हरी पत्तियाँ, लघुकृत जड़ एवं तना दर्शाता एक पर्ण मांसलोद्भिद

*एल्हेजाइ* : अति गहरा जड़तंत्र दर्शाता मरूद्भिद

मरूद्भिद

*हाइड्रिला* : जलमग्न पौधा, लचीला एवं मुलायम तना, पतली पत्तियाँ, अल्प विकसित कोमल जड़ें

*निलम्बु* (कमल) : बड़े पत्तियों वाला जड़बद्ध मुक्त प्लवन पौधा

*आइकोर्निया* (जल कुम्भि) : बड़े पत्ते, उत्प्लावन के लिए थैलीनुमा पर्णवृन्त वाला मुक्त प्लवन पौधा

जलोद्भिद

*चित्र 23.1 : पौधों में अनुकूलन।*

पर चलते और दौड़ते हैं, उदाहरणस्वरूपः कुत्ता व बिल्ली। (3) खुरचारी (unguligrade), अंगुलियों की नोक, जो खुर (रूपांतरित नाखुन) से ढंकी होती है, पर चलने और दौड़ने वाले, उदाहरणस्वरूपः घोड़ा व गैंडा।

(ii) द्विपादिता, दो पैरों पर चलने की प्रक्रिया, उदाहरणस्वरूप -- मनुष्य।

(iii) खोदने और बिल बनाने के लिए सिर और थूथन आगे से पतले, उदाहरणस्वरूप – साँप, छछुंदर (मोल)।

(iv) श्वसन फेफड़ों द्वारा, उदाहरणस्वरूप – मेंढक, छिपकली, पक्षी, बिल्ली, मनुष्य।

(b) **जलीय अनुकूलन** : बहुत से प्राणी जलीय आवास में जीवनयापन करते हैं। इनमें अलवण जल व समुद्री जल दोनों के जीव सम्मिलित हैं। कुछ अकशेरुकी जलीय या अंशजलीय हैं, उदाहरण-स्वरूप– कुछ कीट। मछलियाँ, ह्वेल और डॉलफिन कशेरुकी हैं और जलीय जीवनचर्या के अनुकूलित हैं। ये कई अनुकूलन लक्षण दर्शाते हैं।

(i) घर्षण कम करने के लिए इनका शरीर पार्श्वीय संपीडित है। इससे ये जल में बहुत तेजी से तैर सकते हैं।

(ii) मछलियों में पख और ह्वेल में मीनपक्ष तैरने में सहायता करते हैं।

(iii) मेंढक और बतख में तैरने के लिए जालयुक्त पैर हैं।

(iv) कुछ मछलियों में हवा से भरा वाताशय उत्प्लावन प्रदान करता है।

(v) पानी में गैस के आदान-प्रदान के लिए श्वसन-अंग क्लोम हैं, उदाहरणस्वरूप – मछलियाँ।

(c) **वायवीय अनुकूलन** : कुछ स्थलीय जीव सुरक्षा और आश्रय के लिए पेड़ों पर रहते हैं। इनकी संख्या थोड़ी है और इनको वृक्षवासी कहते हैं। ये उड्डयन-गिलहरी, उड्डयन-छिपकली, वृक्ष-मेंढक और लैम्यूर हैं। पक्षी और चमगादड़ वायवीय जीवनचर्या के लिए पूर्ण रूप से अनुकूलित हैं। वायवीय अनुकूलन में उड्डयन अनुकूलन भी सम्मिलित है। उड्डयन प्राणियों में कुछ विशेष अनुकूली लक्षण होते हैं जो उन्हें लंबे समय के लिए हवा में उड़ने योग्य बनाते हैं।

(i) हवा में उड़ने के लिए अग्रपाद पंखों में रूपांतरित हैं। उदाहरण के लिए पक्षी, चमगादड़।

(ii) शरीर को हल्का रखने के लिए हड्डियों में वायु गुहिकाएँ हैं।

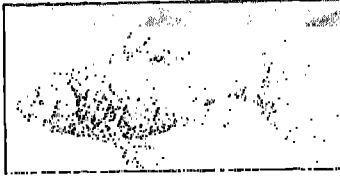
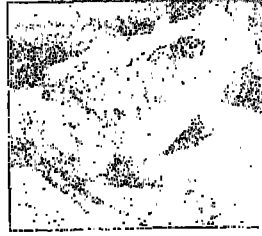
(iii) पक्षियों में उड़ान को अतिरिक्त बल देने के लिए उड़ान मांसपेशियाँ हैं ।

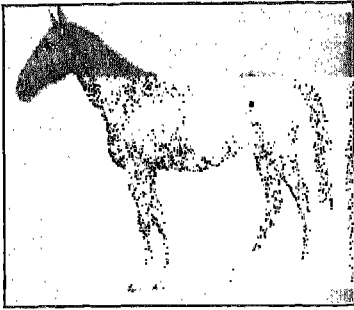
***क्रियाकलापः*** अपने इलाके में भिन्न प्रकार के आवासों में रहने वाले कुछ प्राणियों को ध्यान से देखें। प्रत्येक आवास के प्राणियों में चलन और बाह्य लक्षणों की तुलना करें। आवास की किस्मों, प्राणियों के नाम और अनुकूली लक्षणों की एक सूची तैयार करें।

**प्रश्न**

1. जीवों के भिन्न प्रकार के आवास कौन-कौन से हैं ?
2. मरूद्भिद् के अनुकूली लक्षणों का उल्लेख करो।
3. जलोद्भिद् और समोद्भिद् में प्रत्येक के दो उदाहरण लिखो।
4. घोड़े में किस प्रकार का अनुकूलन है ?
5. जलीय प्राणियों में श्वसन–अंगों के नाम लिखो।
6. वायवीय जीवनचर्या के तीन अनुकूली लक्षणों का उल्लेख करो।
7. स्थलीय आवास में रहने वाले सरीसृप और स्तनधारियों में प्रत्येक के दो उदाहरण लिखो।

## 23.2 आवास परिवर्तन और संरक्षण

आवास और अनुकूलन में बहुत गहरा संबंध है और जीवों की उत्तरजीविता के लिए इन दोनों में संतुलन होना आवश्यक है। एक आवास में विपरीत परिवर्तन प्राकृतिक आपदाओं और मानव गतिविधियों का परिणाम है (सारणी 23.1)। ये बदलाव स्थायी या अस्थायी होते हैं।

*मछली* : जलीय अनुकूलन दर्शाती, धारा रेखी शरीर एवं पख

*मेंढक* : कोमल त्वचा जालीदार पाद तथा सिर पर उभरी हुई आँखें, उभयचर आवास के लिए अनुकूलन दर्शाता है

*छछुंद* : बिल खोदने के लिए विकसित थूथन स्थलीय अनुकूलन दर्शाता है

*घोड़ा* : खुर से ढका एक पाद अंगुल स्थलीय अनुकूलन दर्शाता है

*लैम्यूर* : पेड़ों की टहनियों पर चलने का स्वभाव वृक्षवासी अनुकूलन दर्शाता है

*पक्षी* : पंख, पिच्छ, चोंच तथा द्विपादीय गमन दर्शाता वायवीय अनुकूलन

*चित्र 23.2 : प्राणियों से अनुकूलन।*

सारणी 23.1 : आवास पर विपरीत प्रभाव के कारण।

| *मानव गतिविधियाँ* | *प्राकृतिक आपदाएँ* |
|---|---|
| वनोन्मूलन, खनन, खदान, ईंट-भट्टे, बाँध निर्माण, औद्योगीकरण, शहरीकरण, वाहन प्रयोग, झूम कृषि, युद्ध, आदि। | बाढ़, भूकंप, ज्वालामुखी विस्फोट, चक्रवात, टॉरनेडो, भूमि निमज्जन, तटीय अपरदन। |

इन अवांछित बदलाव के बढ़ते दबाव में प्राणी एक भूखंड से दूसरे में प्रवसन करने को बाध्य होते हैं, जिसके परिणामस्वरूप वे अपनी प्रजनन क्षमता खो देते हैं। आवास-परिवर्तन अंततः इनकी दूसरी प्रजातियों से प्रतिस्पर्धा के कारण, इनकी और इनके उत्तराधिकारियों की उत्तरजीविता के लिए संकट पैदा कर सकता है। परिणामस्वरूप, उपयोगी प्राणी और पौधों की स्पीशीज विलुप्त होने लगती हैं।

पर्यावरण और इसके विभिन्न आवासों के साथ मनुष्य द्वारा छेड़छाड़ के कारण, मानव संपदा विकास और प्राकृतिक संपदा विकास से संबंधित योजना लागू करना अनिवार्य हो गया है। मनुष्य-केंद्रित वातावरण में मानव (*होमो सेपियंस*) को प्रकृति के साथ इकट्ठे सफलतापूर्वक रहने देने के लिए, जगह बनानी होगी। पर्यावरण के अन्य जैविक व अजैविक घटकों के साथ, मनुष्य को एक स्वामी के बजाय, एक साथी के रूप में आचरण करना चाहिए। यह न केवल आवासीय संरक्षण के लिए, अपितु मानव संपदा के संरक्षण के लिए भी आवश्यक है। ऐसा न हो कि मनुष्य स्वयं संकटापन्न हो जाए। हमें मानवजाति और जीवमंडल में आपसी संबंधों के लाभ सीखने और पारिस्थितिक-अनुकूल ढंग से रहने की आदत डालनी चाहिए।

> **प्रश्न**
> 1. ऐसी मानव गतिविधियों की सूची बनाओ जो आवास पर प्रतिकूल प्रभाव डालती हैं।

## 23.3 जीवमंडल

हमारी पृथ्वी ही एकमात्र ग्रह है जिस पर जीवन विद्यमान है। यह तीन घटकों से बना है: भूमि (स्थलमंडल),जल (जलमंडल),और वायु (वायुमंडल)। ऐसे एकमात्र संयोग के कारण ही इस ग्रह पर जीवन उत्पन्न हुआ, और यह अभी भी इस ग्रह पर चल रहा है। जीवन को सहारा देने वाले पृथ्वी के इस क्षेत्र को, जहाँ वायुमंडल, जलमंडल और स्थलमंडल मिलते हैं और पारस्परिक क्रिया से जीवन संभव बनाते हैं, **जीवमंडल** कहते हैं।

स्थलमंडल अथवा पृथ्वी की बाहरी सतह (भूपर्पटी), जलमंडल अथवा धरती के ऊपर व नीचे के सभी जल-स्रोत और वायुमंडल अथवा वायु (गैसों का मिश्रण) पर्यावरण के **अजैव घटकों** के अंतर्गत आते हैं। **जैव घटकों** में इस पृथ्वी पर रह रहे सभी प्रकार के जीव, जैसे– पौधे, प्राणी व जीवाणु आते हैं। इन अजैव और जैव घटकों के बीच **निरंतर पारस्परिक क्रिया** से जीवमंडल में **भोजन और ऊर्जा का स्थानांतरण** होता है, जो इसको एक **सक्रिय** परंतु **स्थिर तंत्र** बनाती है। जीवमंडल एक सबसे बड़ा जैविक तंत्र है, परंतु वास्तव में यह छोटी कार्यात्मक इकाइयों से बना है, जिनको **पारिस्थितिक-तंत्र** या **पारितंत्र** कहते हैं।

### 23.3.1 पारिस्थितिक-तंत्र (पारितंत्र)

पारितंत्र जीवमंडल की एक **स्वयं-निर्वाही**, **संरचनात्मक** और **कार्यात्मक इकाई** है। यह एक खुला तंत्र है और अपने ऊर्जा स्रोत के लिए बाहर से सौर-ऊर्जा पर निर्भर करता है। पारितंत्र छोटे या बड़े हो सकते हैं, और प्रकृति में एक दूसरे से जुड़े होते हैं। निकटवर्ती तंत्रों के मध्य निरंतर पदार्थ और ऊर्जा का आदान-प्रदान होता रहता है। इस प्रकार ये सब एक दूसरे से जुड़े हुए हैं और इसलिए परस्पर संबंधित हैं। सभी अंतःसंबंधित पारितंत्रों के इस बहुत बड़े जाल को **जीवमंडल** कहते हैं।

पारितंत्र अधिकतर **प्राकृतिक** तंत्र होते हैं, परंतु ये **कृत्रिम** भी हो सकते हैं। ये **स्थलीय** के साथ-साथ **जलीय** भी हैं। स्थल पारितंत्र के सामान्य उदाहरण, एक **वन**, एक **घास का मैदान** (चरागाह), एक **मरुस्थल**, अथवा एक **पहाड़ी ढलान** हैं। एक **तालाब**, एक **झील**, एक **नदी**, एक **समुद्रतट** और एक **महासागर**, जलीय तंत्र के उदाहरण हैं। मनुष्य द्वारा बनाए गए कृत्रिम तंत्र, एक **कृषिक्षेत्र** (कृषि पारितंत्र), एक **बाग**, एक **उपवन** (पार्क), एक **रसोई-उद्यान** (किचन गार्डन), अथवा एक **मछलीघर** हैं।

### 23.3.2 पारितंत्र की संरचना

एक पारितंत्र के दो मुख्य घटक हैं – अजैव और जैव घटक।

**(a) अजैव घटक :** अकार्बनिक व कार्बनिक पदार्थ, और जलवायु कारक, जैसे– हवा, पानी, मिट्टी और धूप, अजैव घटक हैं।

- **(i) अकार्बनिक** (Inorganic) **पदार्थ:** ये विभिन्न पोषक तत्व और यौगिक हैं, जैसे– कार्बन, नाइट्रोजन, सल्फर, फासफोरस, कार्बन डाइऑक्साइड, जल, आदि। ये पारितंत्र में पदार्थ-चक्रण में काम आते हैं।
- **(ii) कार्बनिक** (Organic) **यौगिक:** ये प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, **लिपिड**, **खादमिट्टी** पदार्थ, आदि हैं। ये अधिकांश जीवों का शरीर बनाते हैं और अजैविक घटकों को जैविक से जोड़ते हैं।
- **(iii) जलवायु संबंधी कारक:** ये दो प्रकार के हैं, यथा वायुमंडलीय, जैसे सूर्यप्रकाश, तापमान, नमी, वर्षा, आदि, और भू-संबंधी, जैसे– मिट्टी की बनावट और स्थलाकृति, आदि। ये तत्व जीवों के वितरण, संख्या, उपापचय (metabolism), और उनके व्यवहार को प्रभावित करते हैं।

**(b) जैव घटक:** ये निम्न प्रकार के होते हैं :

- **(i)** *उत्पादक* (Producers) : ये क्लोरोफिलयुक्त पौधे हैं, जैसे– काई (शैवाल), घास और पेड़। यह अधिकांश जीवों के लिए भोजन

का स्रोत हैं। प्रकाश संश्लेषण के दौरान ये सौर-ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में बदलते हैं। चूँकि हरे पौधे अपना भोजन स्वयं तैयार करते हैं, इनको स्वपोषी (autotrophs) भी कहते हैं।

(ii) *परभोक्ता* (Consumers) : ये वे जीव हैं जिनकी भोजन आवश्यकताएँ दूसरे जीवों को खाकर पूरी होती हैं। ये **परपोषी** या **विषमपोषी** (heterotrophs) कहलाते हैं। ये अधिकतर प्राणी हैं। जो सीधे पौधों (स्वपोषी) का भोजन करते हैं, **शाकभक्षी** या **शाकाहारी** (herbivores) कहलाते हैं (टिड्डा, खरगोश, भेड़, बकरी)। वे प्राणी जो शाकाहारियों को खाते हैं, मांसभक्षी या मांसाहारी कहलाते हैं (बाज, शेर)। **परभोक्ता जीव परभक्षी** (predator) या परजीवी (parasite) हो सकते हैं। वे जीव जो पौधों व प्राणियों दोनों का भोजन कर सकते हैं,**सर्वाहारी या सर्वभक्षी** (omnivores) हैं (तिलचट्टा, लोमड़ी, मनुष्य)।

(iii) *अपघटक जीव* (Decomposers): ये मुख्यतः बैक्टीरिया व फफूँदी (कवक) हैं। स्थलीय पारितंत्र में बैक्टीरिया प्रायः प्राणी ऊतक पर और कवक पौधों पर आक्रमण करते हैं। इनके एंजाइम मृत ऊतकों को पचाते, हैं और इस तरह जीव द्रव्य के मूल तत्व में स्वतंत्र छोड़ दिए जाते हैं। ये तत्व उत्पादक जीवों को फिर से इस्तेमाल के लिए उपलब्ध हो जाते हैं।

### 23.3.3 आहार शृंखला व खाद्य जाल

हम ऊपर देख चुके हैं कि हरे पौधों द्वारा तैयार भोजन परभोक्ताओं की एक शृंखला (शाकभक्षी और मांसभक्षी) द्वारा उपयोग किया जाता है, और अंततः प्रकृति में अपघटकों द्वारा अपघटित कर दिया जाता है। वनस्पति स्रोत से जीवों की एक शृंखला में इस भोजन हस्तांतरण, अर्थात बारंबार खाना और खाया जाना, की प्रक्रिया को **आहार शृंखला** कहते हैं (चित्र 23.3)। प्रत्येक हस्तांतरण पर भोजन की काफी ऊर्जा ऊष्मा के रूप में खो जाती है। इसीलिए किसी भी आहार शृंखला में चरणों की संख्या चार या पाँच तक ही सीमित है। आहार शृंखला जितनी छोटी होगी, उपलब्ध ऊर्जा उतनी ही अधिक होगी। एक सरल-सी सामान्य आहार शृंखला ऐसे दिखाई जा सकती है–

उत्पादक ⟶ शाकभक्षी ⟶ मांसभक्षी

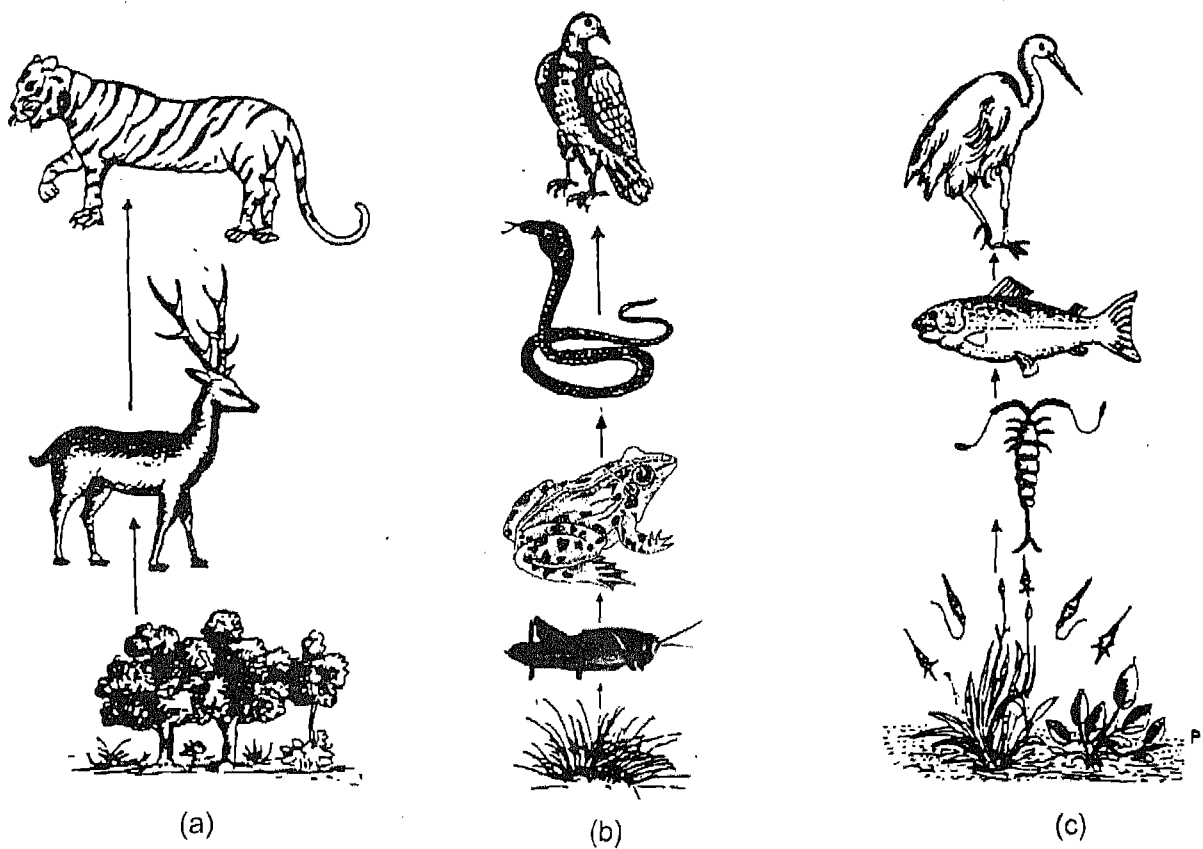
अथवा, जीवों को उदाहरणस्वरूप लेकर, एक साधारण स्थलीय आहार शृंखला ऐसे हो सकती है–

(a) घास ⟶ हिरन ⟶ शेर

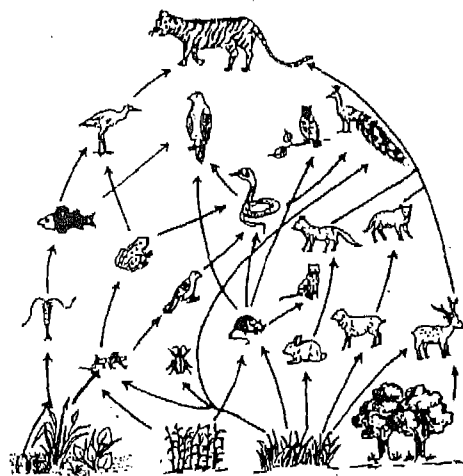
(b) घास ⟶ टिड्डा ⟶ मेंढक ⟶ सर्प ⟶ बाज

एक आहार शृंखला कभी भी अकेले काम नहीं करती। साधारण अवस्था में प्रायः कई आहार शृंखलाएँ आपस में जुड़ी होती हैं। अपनी भोजन आदतों के आधार पर एक प्राणी एक से अधिक आहार शृंखलाओं से संबंध रख सकता है। आहार शृंखलाओं के इस जाल को **खाद्य जाल** कहते हैं। उदाहरणस्वरूप, घास टिड्डों द्वारा भी खाई जाती है और खरगोश या पशुओं द्वारा भी, और इन शाकभक्षियों को एक मांसभक्षी द्वारा खाया जा सकता है। एक शाकभक्षी को अपनी अपनी भोजन की आदत के अनुसार एक से अधिक मांसभक्षी खा सकते हैं जैसे मेंढक, साँप, पक्षी, या शेर (चित्र 23.4)।

**पोषी स्तर** : आहार शृंखला में भिन्न चरण या तल अलग-अलग **पोषी स्तर** बनाते हैं। **हरे पौधे** (स्वपोषी) **पहले पोषी स्तर** हैं जो सूर्य की विकिरण ऊर्जा को शोषित करते हैं (उत्पादक) और आगे आने वाले दूसरों (परभोक्ता) के लिए उपलब्ध कराते हैं। **शाकभक्षी** (प्रथम परभोक्ता– कीट, खरगोश, रोडेंट, हिरन, पशु, आदि), जो पौधे खाते हैं, **दूसरा पोषी स्तर** है। वे प्राणी जो शाकभक्षियों को खाते हैं, और **द्वितीय परभोक्ता** या **मांसभक्षी** (मेंढक, छोटी मछली) कहलाते हैं, **तीसरा पोषी स्तर** बनाते हैं। ये सभी और **बड़े मांसभक्षियों** (तृतीय परभोक्ता– शेर) द्वारा खाए जाते हैं, जो **चौथा पोषी स्तर** बनाते हैं।

(a) (b) (c)

*चित्र 23.3 : प्रकृति में आहार शृंखला (a) जंगल में, (b) धरती पर और (c) एक तालाब में।*

**क्रियाकलाप** : अपने आस-पास किसी कृत्रिम पारितंत्र (मछली-घर, रसोई-उद्यान, स्कूल-वाटिका, आदि) में भिन्न पोषी स्तर ढूँढ़ने की कोशिश करें। प्रत्येक स्तर पर पौधे (उत्पादक) और प्राणियों (शाकभक्षी और मांसभक्षी) को पहचानने की कोशिश करें और वहाँ चल रही आहार शृंखला को चित्रित करें।

***आहार शृंखला का महत्त्व :*** आहार शृंखला का अध्ययन एक पारितंत्र में विभिन्न जीवों के बीच आहार संबंध व पारस्परिक क्रिया को समझने में सहायता करता है। प्रकृति के विभिन्न घटकों द्वारा ऊर्जा व पोषक तत्वों की **हस्तांतरण** प्रक्रिया भी ऐसे अध्ययन से अच्छी तरह समझी जा सकती है। इन अध्ययनों का एक व्यावहारिक पक्ष भी है। भोजन की तरह, हम एक पारितंत्र में विषैले पदार्थों का संचलन और उनके जैव आवर्धन (biological magnification) की समस्या को भी समझ सकते हैं। कुछ हानिकारक व विषाक्त पदार्थ, जैसे कि खाए जाने वाले पौधों पर कीड़े मारने के लिए

*चित्र 23.4 : कई आहार शृंखलाओं सहित एक खाद्य जाल।*

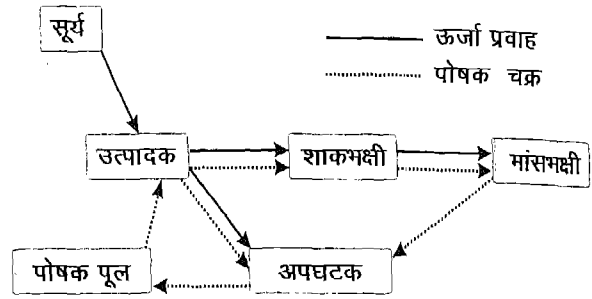
छिड़की हुई डी.डी.टी., आहार चक्र के तंत्र में प्रवेश कर जाते हैं। चूँकि ये आसानी से अवकर्षण योग्य नहीं हैं, ये प्रत्येक पोषी स्तर पर अपने को संचय (आवर्धन) करते जाते हैं। मनुष्य एक सर्वाहारी जीव है और प्रत्येक पोषी स्तर पर भोजन प्राप्त

कर सकता है। भोजन के साथ इन विषाक्त पदार्थों को भी वह अपने शरीर में ग्रहण कर लेता है। ऊँचे पोषी स्तरों के प्राणी अपने भोजन के साथ और भी अधिक विष प्राप्त करते हैं। इस तथ्य को **जैव आवर्धन** कहते हैं।

### 23.3.4 पारितंत्र के कार्य

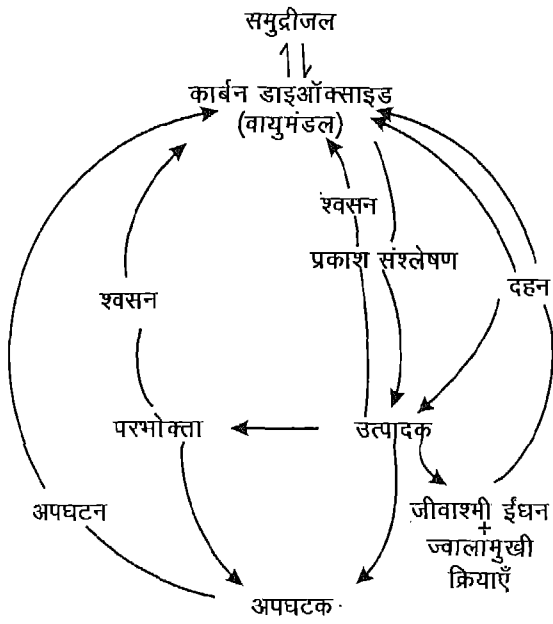
अब तक यह स्पष्ट हो गया है कि एक पारितंत्र में ऊर्जा और पोषक-तत्व संचलन की दोनों क्रियाएँ साथ-साथ चलती हैं। ऊर्जा संचलन केवल एक दिशा में है और चक्रीय नहीं है, जबकि पोषक तत्व की गति चक्रीय है (चित्र 23.5)।

**(i) ऊर्जा प्रवाह:** प्रकाश-संश्लेषण की क्रिया से पौधों (उत्पादक) द्वारा सौर-ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा (कार्बोहाइड्रेट) में बदल दिया जाता है। यह ऊर्जा आगे शाकभक्षियों और मांसभक्षियों में विभिन्न पोषी स्तरों पर हस्तांतरित होती जाती है। इन प्राणियों में यह रासायनिक ऊर्जा अधिकांश यांत्रिक ऊर्जा (कार्य करना) और ऊष्मा में बदल जाती है । ऊष्मा भाग प्रत्येक पोषी स्तर पर वायुमंडल में खो जाता है । कुछ ऊर्जा जीवों द्वारा उपापचय में प्रयोग हो जाती है, और कुछ ऊर्जा जो बिना उपयोग के रह जाती है, भी व्यर्थ जाती है। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि इस प्रकार प्रत्येक स्तर पर लगभग 90 प्रतिशत ऊर्जा खर्च हो जाती है, और इसका शेष 10 प्रतिशत ही अगले पोषी स्तर को हस्तांतरित होता है। परिणामस्वरूप अंतिम पोषी स्तर (अपघटक) पर आगे हस्तांतरण के लिए ऊर्जा नहीं बच रहती। अतः ऊर्जा सूर्य से, उत्पादकों से होती हुई, परभोक्ताओं की ओर, **केवल एक ही दिशा में** प्रवाह करती है। प्रत्येक चरण पर तेजी से घटता हुआ ऊर्जा स्तर, पोषी स्तरों को अधिक से अधिक केवल 4-5 तक सीमित कर देता है।

हम पाते हैं कि अधिकतम ऊर्जा उत्पादक (पौधे) स्तर पर होती है, और जैसे-जैसे आप आगे बढ़ते जाते हैं आहार ऊर्जा कम होती जाती है। इसलिए शाकभक्षी (अथवा शाकाहारी), तीसरे व चौथे पोषी स्तर के मांसभक्षियों (मांसाहारी) की अपेक्षा अधिक ऊर्जा से भरपूर भोजन पाते हैं।

*चित्र 23.5 : पारितंत्र के कार्य : ऊर्जा प्रवाह और पोषक चक्र।*

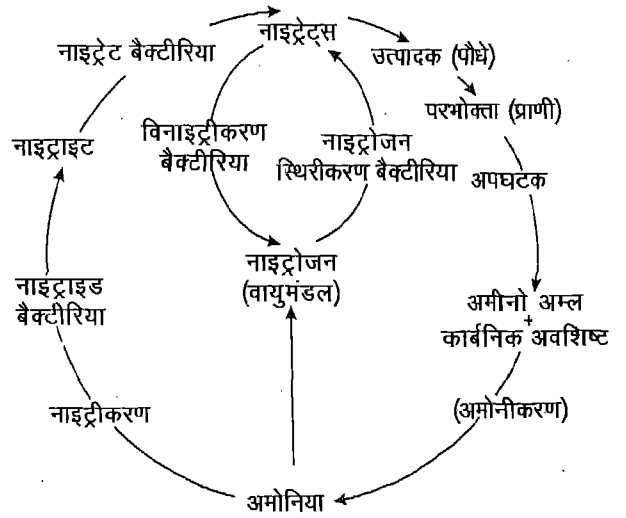
**(ii) जीव-भूरासायनिक चक्र:** हम देख चुके हैं कि कुछ ऊर्जा प्रत्येक पोषी स्तर पर खो जाती है, परंतु पोषक अवयवों में ऐसी कोई कमी नहीं होती। जब अंततः मृतप्राणी शरीर अपघटन के लिए (अपघटकों) के पास आता है, पोषक तत्व वातावरण में मुक्त हो जाते हैं। यहाँ ये **दोबारा उपयोग और पुनःचक्रण** के लिए उपलब्ध हो जाते हैं। अजैव पर्यावरण (भू-चट्टान, वायु, जल) और जीवों के मध्य पोषक तत्वों के चक्रीय प्रवाह को **जीव-भू-रासायनिक चक्र** (biogeochemical cycle) कहते हैं। मुख्य पोषक तत्व, यथा कार्बन, हाइड्रोजन, आक्सीजन व नाइट्रोजन, जो जीवों का लगभग 95 प्रतिशत द्रव्य बनाते हैं, पारितंत्र के जैव और अजैव घटकों के बीच इनका बार-बार इनका चक्रण होता रहता है।

**(a)** ***कार्बन चक्र*** : कार्बन सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण तत्व हैं। कार्बन का आधारभूत संचलन वायुमंडल भंडार (0.032%) से उत्पादकों की, परभोक्ताओं की और बाद में अपघटकों की ओर है। कार्बन के दूसरे भंडार जल, जीवाश्म ईंधन (fossil fuel) और अवसादी चट्टानें हैं।

पौधे प्रकाश-संश्लेषण से कार्बोहाइड्रेट तैयार करने के लिए वायुमंडलीय कार्बन का प्रयोग करते हैं। वनस्पति आहार पहले शाकभक्षियों द्वारा लिया जाता है, और बाद में ये छोटे और बड़े मांसभक्षियों से होकर गुजरता है। कार्बन डाइऑक्साइड की वायुमंडल में शीघ्र वापसी के लिए हर स्तर पर श्वसन गतिविधियाँ सहायता करती हैं। श्वसन के

*चित्र 23.6 : कार्बन चक्र।*

अतिरिक्त, कार्बन डाइऑक्साइड की वायुमंडल में वापसी कई और गतिविधियों से भी होती हैं, जैसे मृत्त कार्बनिक पदार्थ का अपघटन, जीवाश्म ईंधन का जलना और ज्वालामुखी क्रियाएँ (चित्र 23.6)।

**(b)** ***नाइट्रोजन चक्र*** : जीवों द्वारा प्रोटीन संश्लेषण के लिए नाइट्रोजन एक और आवश्यक तत्व है। मुक्त नाइट्रोजन का भंडार वायुमंडल में लगभग 78 प्रतिशत है। परंतु जैवतंत्र नाइट्रोजन को तात्विक रूप में प्रयोग नहीं कर सकते हैं । पौधों के इस्तेमाल के लिए पहले इसको नाइट्रेट में बदलना पड़ता है। यह या तो औद्योगिक नाइट्रोजन स्थिरीकरण द्वारा किया जा सकता है, या कुछ नाइट्रोजन स्थिरीकरण बैक्टीरिया *(ऐज़ोटोबेक्टर* और *राइज़ोबियम)।* ये वायुमंडलीय नाइट्रोजन को नाइट्रेट में बदल देते हैं, जो पानी में घुलनशील है। इस क्रिया को **नाइट्रोजन स्थिरीकरण** (nitrogen fixation) कहते हैं। यह पौधों द्वारा अपनी प्रणाली में सोख ली जाती है और कार्बनिक पदार्थ (प्रोटीन), आदि बनाने के लिए काम में लाई जाती है।

पौधे और प्राणी मूल के कार्बनिक पदार्थ मृदा के सूक्ष्म जीवाणुओं द्वारा अमोनिया व अमीनों अम्ल में अपघटित कर दिए जाते हैं। अमोनिया या तो वायुमंडल में जा सकती है या मिट्टी में ही बनी रहती है, और कभी-कभी नाइट्रेट में आक्सीकरण हो जाता है। अमोनिया बनने की क्रिया को **अमोनीकरण** (ammonification) कहते हैं। कुछ सूक्ष्म जीव अमोनिया को नाइट्रेट में बदलते हैं। इस क्रिया को **नाइट्रीकरण** (nitrification) कहते हैं। अंत में, कुछ और बैक्टीरिया (अपघटक) हैं, जो नाइट्रेट का वापिस नाइट्रोजन में, या अमोनिया में, या किसी अन्य ऑक्साइड में अपचयन कर देते हैं। इस क्रिया को **विनाइट्रीकरण** (denitrification) कहते हैं। मुक्त नाइट्रोजन वायुमंडलीय कोष में लौट जाती है और ऑक्साइड को पौधे ले लेते हैं (चित्र 23.7)।

*चित्र 23.7 : नाइट्रोजन चक्र।*

### 23.3.5 पारितंत्र के प्रकार

मोटे तौर पर पारितंत्र के दो मुख्य प्रकार हैं, यथा स्थलीय और जलीय। प्रत्येक पारितंत्र विभिन्न जीवों और प्राकृतिक परिस्थितियों का एक विशेष संयोग है। प्रमुख वनस्पति (घास, पेड़, आदि) और अन्य जलवायु संबंधी कारकों के आधार पर, स्थलीय पारितंत्र में कई और किस्में पाई जाती हैं, जैसे– चरागाह, जंगल, मरुस्थल, मनुष्य निर्मित कृषि पारितंत्र, आदि। जल में लवण मात्रा पर निर्भर, जलीय पारितंत्र भी कई प्रकार के हो सकते हैं। ये

अलवणजल पारितंत्र, जैसे– तालाब पारितंत्र, नदी पारितंत्र, आदि, और समुद्री पारितंत्र हो सकते हैं।

### 23.3.6 जैवमात्रा

इसका अर्थ किसी जीव के कुल जैविक पदार्थ से है। पौधों में यह प्रकाश संश्लेषण गतिविधि का परिणाम है। प्रत्येक पोषी स्तर की जैविक पदार्थ मात्रा को **खड़ी फसल** (स्थित शस्य) कहते हैं। इसको प्राय: जैवमात्रा के रूप में व्यक्त किया जाता है। जैवमात्रा को सूखे भार के रूप में मापा जाता है।

जैवमात्रा, जीवित ऊतक की मात्रा या अगले पोषी स्तर के जीवों के लिए आहार रूप में उपलब्ध ऊर्जा को दिखलाती है। हर पोषी स्तर पर ऊर्जा ह्रास के प्राकृतिक तथ्य का अध्ययन, प्रत्येक स्तर पर जीवों की कुल जैवमात्रा की तुलना द्वारा किया जा सकता है। आप पाएँगे कि शाकभक्षियों (दूसरा पोषी स्तर) की कुल जैवमात्रा, उत्पादकों (प्रथम पोषी स्तर) से कम है। इसी प्रकार, मांसभक्षियों (तीसरा पोषी स्तर) की कुल जैवमात्रा, शाकभक्षियों (दूसरा पोषी स्तर) से कम है, इत्यादि। इसलिए अधिकतम जैवमात्रा पहले पोषी स्तर (प्राथमिक उत्पादक) पर होती है, जो प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया द्वारा तैयार होती है।

**प्रश्न**

1. पारितंत्र के संरचनात्मक और कार्यात्मक घटक कौन से हैं ?
2. भिन्न प्रकार के पारितंत्रों को सूचीबद्ध करो।

## 23.4 जैव विविधता

जीव रूपों में असीम विविधता जीवन का विशिष्ट लक्षण है। जैविक विविधता या जैव विविधता शब्द पृथ्वी पर जीवों में विभिन्नता के विस्तार को इंगित करता है। यह हमारे जीवमंडल का समग्र जैविक घटक है। **जैव विविधता की परिभाषा सभी प्राणियों, पौधों व सूक्ष्मजीवों की अनेकरूपता और परिवर्तनशीलता के रूप में की जा सकती है।** इनकी जीन में विविधता होने के कारण ये एक दूसरे से भिन्न दिखाई देते हैं। अत: जैव विविधता का अर्थ है **जीवों की आनुवंशिक बनावट में विविधता।** जैव विविधता इस प्रकार स्पीशीज स्तर पर, आनुवंशिक स्तर पर और पारितंत्र स्तर पर देखी जा सकती है। जैव विविधता की एक झलक, आपको पहले ही जीवों के वर्गीकरण में मिल चुकी है (अध्याय 15)।

मानव जाति के निर्वाह के लिए जैव विविधता का संरक्षण बहुत **आवश्यक** है। प्रकृति के सभी घटक एक पूर्ण संतुलन में रह रहे हैं। ये सभी एक दूसरे में गुँथे हुए हैं और परस्पर आश्रित हैं। प्राणिजात या वनस्पतिजात की किसी एक किस्म के साथ छेड़छाड़, जीवन के सारे आधारतंत्र का जोखिम में डाल सकता है। इस सारे जटिल तंत्र का मनुष्य भी एक हिस्सा है। अत: विविधता की क्षति मनुष्य-जाति के भी विनाश की ओर ले जा सकती है। प्रकृति में हर जाति न केवल दूसरी पर जैविक-नियंत्रण रख रही है, अपितु एक दूसरे को प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप में सहारा और सहयोग भी दे रही है।

अपनी वनस्पति जीवन (विशेषतया एंजियोस्पर्म) की विशाल विविधता के कारण भारत संसार के 12 महाविविधता (Megadiversity) वाले देशों में से एक है। एंजियोस्पर्म पौधों से हर दिन कोई न कोई नई दवाई खोजी जा रही है । हम बड़ी आर्थिक संभावनाओं वाली कीट, मछली, जल स्थलचर, सरीसृप, पक्षी और स्तनधारी जातियों के मामले में भी समान रूप से धनी हैं।

चिर स्थापित जैव विविधता कई कारणों से अब गंभीर खतरे में है। अनियंत्रित जनसंख्या वृद्धि ने अधिक भोजन और आवास की आवश्यकता पैदा कर दी है। इससे वन्य आवास की कीमत पर, एकल कृषिफसल प्रणाली (monoculture cropping system), औद्योगीकरण और शहरीकरण को बढ़ावा मिला है। यह डर है कि अगले 20-30 वर्षों में पृथ्वी की एक-चौथाई विविधता खतरे में पड़ जाएगी। इसलिए, जैव विविधता के संरक्षण की आवश्यकता पहले की अपेक्षा अब बहुत अधिक है। इसको पूरा करने के लिए शायद सबसे अच्छा ढंग लोगों को शिक्षित करना, और आने वाले खतरे से उन्हें अवगत

कराना है। अधिक सुरक्षित क्षेत्र, जैसे– प्राकृतिक उद्यान, अभयारण्य और जैव मंडलीय आरक्षित क्षेत्र, आदि स्थापित करना, एक अन्य तात्कालिक हल हो सकता है।

इन परंपरागत तरीकों के अतिरिक्त, **जैव प्रौद्योगिकी** ने हाल ही में, तेजी से कम हो रही विविधता के संरक्षण के लिए, कुछ दीर्घकालीन उपाय दिए हैं। विविधता को **जननद्रव्य** (germplasm) के रूप में सुरक्षित रखा जाता है। जातियों के संरक्षण के लिए जननद्रव्य या जीन बैंक स्थापित किए गए हैं । ये बैंक वनस्पति उद्यान, प्राणी उद्यान, संवर्धन संग्रह (culture collections) के रूप में हैं। बीज, परागकण और कायिक प्रवर्धित (vegetatively propagated) अंग (घनकंद, शल्ककंद, कंद) इकट्ठे किये जाते हैं और विशेष अवस्था में ऐसे जीन बैंकों में संचय कर दिए जाते हैं।

**प्रश्न**

1. जैव विविधता क्या है ?
2. जैव विविधता का महत्त्व क्या है ?
3. जैव विविधता के तीन भिन्न प्रकार कौन-से हैं ?

## आपने क्या सीखा

- पर्यावरण जो हमें कई प्रकार से प्रभावित करता है, हमारे चारों ओर के सभी तरफ भौतिक और जैविक घटकों से बना है।
- प्राकृतिक आवास एक जीव का विशेष वातावरण है, जहाँ वह रहता है और विकसित होता है।
- पौधे, मुख्यतया जल की उपलब्धता पर आधारित, मरूद्भिद्, समोद्भिद् और जलोद्भिद् में वर्गीकृत किए जाते हैं। जबकि प्राणी स्थलीय, वायवीय (आकाश) और जलीय होते हैं।
- मनुष्य हस्तक्षेप से हुए आवास परिवर्तन जीव-रूपों पर काफी दबाव रखते हैं। ये इनकी उत्तरजीविता और जननात्मक शक्यता को प्रभावित करते हैं।
- वैकल्पिक पारिस्थितिक-अनुकूल उपायों द्वारा प्रकृति को न्यूनतम क्षति पहुँचा कर, आवास पुनःस्थापना और संरक्षण किए जा सकते हैं।
- एक पारितंत्र में, अजैव कारक अकार्बनिक व कार्बनिक पदार्थ और जलवायु संबंधी कारकों से बने हैं। जैव कारकों में उत्पादक और परभोक्ता (शाकभक्षी, मांसभक्षी और अपघटक) आते हैं।
- सभी पारितंत्र मिलकर एक सबसे बड़ा पारितंत्र बनाते हैं, जिसको जीवमंडल कहते हैं।
- विभिन्न पोषी स्तर (उत्पादक – शाकभक्षी – मांसभक्षी – अपघटक) एक आहार श्रृंखला बनाते हैं, और कई आहार श्रृंखलाएँ मिलकर खाद्य जाल बनाती हैं।
- पारितंत्र के दो मुख्य कार्य, ऊर्जा-प्रवाह और पोषण-चक्रण हैं।
- अजैव वातावरण और जीव के मध्य पोषकों के चक्रिक प्रवाह को जीव-भू-रासायनिक चक्र कहते हैं।
- सभी जीवों में जैविक द्रव्य की मात्रा को जैवमात्रा कहते हैं। इसको प्रायः शुष्कभार में मापा जाता है।
- जीवों में असंख्य अनेकरूपता को जैव-विविधता कहते हैं। चूँकि बहुत-सी किस्मों का स्थायी रूप से विलुप्त हो जाने का खतरा है, अब इनका संरक्षण इनके जननद्रव्य को सुरक्षित रखकर किया जा रहा है।

● ● ●

## अभ्यास के लिए प्रश्न

1. पर्यावरण को परिभाषित करिए। इसके कौन-कौन से घटक हैं ?
2. आवास (वास) से आपका क्या अभिप्राय है? पौधों में आवासों के प्रकार बताइए।
3. अनुकूलन की परिभाषा दीजिए। मरूद्भिद् पौधों के अनुकूली चरित्र संक्षिप्त में लिखिए।
4. जलोद्भिद् व समोद्भिद् में अंतर बताइए।
5. स्थलीय प्राणियों में विभिन्न अनुकूलनों का उल्लेख करिए।
6. उड्डयन अनुकूलन क्या है? पक्षियों के अनुकूलित चरित्रों का वर्णन करिए।
7. निम्नलिखित में मेल मिलाइए :

   पक्षी – जलोद्भिद्<br>
   हाइड्रिला – स्थलीय<br>
   घोड़ा – जलीय<br>
   चूहा – चाल अनुकूलन<br>
   ह्वेल – उड्डयन अनुकूलन

8. सही (स) या गलत (ग) लिखिए

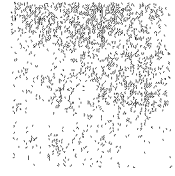
   (a) मछलियों में पख जलीय जीवन के लिए है ( )

   (b) सभी पक्षियों के पंख नहीं होते ( )

   (c) समोद्भिदों में गुदेदार होना एक अनुकूलन है ( )

   (d) आवास एक जीव का विशेष वातावरण है ( )

9. आवास परिवर्तन क्या है ? आवास में परिवर्तन लाने वाले कारण बताइए।
10. आवास संरक्षण पर अपना दृष्टिकोण रखिए।
11. ऐसा क्यों कहा जाता है कि ऊर्जा प्रवाह करती है और पदार्थ चक्कर लगाते हैं ? स्पष्ट करिए।
12. जीवमंडल को सबसे बड़ा पारिस्थितिक तंत्र क्यों कहा गया है ?
13. प्राथमिक उत्पाद क्या है ? हम इस पर किस प्रकार निर्भर हैं ?
14. स्पष्ट करिए कि आहार शृंखला में केवल थोड़े चरण क्यों होते हैं ?
15. आहार शृंखला व खाद्य जाल में क्या अंतर है ?
16. जैवमात्रा क्या है ? ऊर्जा का इससे क्या संबंध है ?
17. एक रेखाचित्र की सहायता से प्रकृति में ऊर्जा प्रवाह को समझाइए।
18. पौधों द्वारा गैसीय नाइट्रोजन कैसे स्थिर की जाती है ? इसका क्या महत्त्व है?
19. कार्बन चक्र में प्रकाश संश्लेषण का क्या योगदान है ?
20. एक उदाहरण की सहायता से पारितंत्र को परिभाषित करिए।
21. पारितंत्रों के मध्य स्पष्ट रेखाएँ नहीं खींची जा सकतीं। व्याख्या करिए।
22. स्वपोषी और विषमपोषी में भेद बताइए। एक पारितंत्र के ऊर्जा प्रवाह में ये कैसे सहायता करते हैं?
23. पोषी स्तर क्या है? प्रत्येक स्तर पर ऊर्जा कैसे लोप हो जाती है ?
24. जीव-भू-रासायनिक चक्र क्या है ? किसी एक चक्र के रास्तों को स्पष्ट करिए।
25. "पृथ्वी ऊर्जा के लिए एक खुलातंत्र और पदार्थों के लिए बंद तंत्र, मानी जाती है।" स्पष्ट करिए।

# अभ्यास के लिए प्रश्न के अंतर्गत दिए गए संख्यात्मक प्रश्नों के उत्तर

**अध्याय 1: विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी में मापन**

1. $4.73 \times 10^{16}$ m या $4.73 \times 10^{13}$ km
2. 3174.6 वर्ष
3. 1 परमाणु = 1/23768 cm
7. अनिश्चितता = $\pm$ 5 g = $\pm$ 1%, 0.5 g
   सोने का मूल्य = 250.00 रुपये
10. प्रत्येक परमाणु का आयतन = $1.1 \times 10^{-25}$ cm$^3$,
    परमाणु की त्रिज्या = $3 \times 10^{-9}$ cm
    *(संकेतः मान लें कि परमाणु गोलाकार है और किसी एक गोलक का आयतन $\frac{4}{3}\pi r^3$ होता है)*
    *एक परमाणु का द्रव्यमान = $5.5 \times 10^{-25}$ g*

**अध्याय 2 : पदार्थ की प्रकृति**

10. (अ) 14.0 g (ब) 108 g (स) 34.5 g (द) 1260 g
11. (अ) 0.375 (ब) 1.11 (स) 0.50
12. (अ) 3.2 g (ब) 9.0 g
13. (अ) $3.76 \times 10^{22}$ (ब) $6.6 \times 10^{20}$
14. $C_2H_4$
15. 7.5 g
16. $CH_4$

**अध्याय 7 : गति**

1. 4 s
2. 72 km/h
4. (अ) औसत वेग = 10 m/s
   (ब) अन्त के 1s में सर्वाधिक औसत वेग = 14 m/s
5. प्राप्त ऊँचाई = 1.25 m, लिया गया समय = 1/2 s
7. 1.1 m, 8.33 m
8. ध्वनि का वेग = 350 m/s
10. रैखिक वेग = 3.1 km/s
11. (अ) 157 m, (ब) विस्थापन = 100 m दक्षिण की ओर (स) औसत वेग = 15.7 m/s

**अध्याय 8 : बल**

4. 0.07 N
5. 2500 N
6. 40 m/s$^2$
7. 1000 N
14. घनत्व = 1.43 g cm$^3$,
    विस्थापित जल का द्रव्यमान = 350 g
    *(संकेतः मान लीजिए जल का घनत्व = 1000 kg/m$^3$)*
15. 1.43

**अध्याय 9 : गुरुत्वाकर्षण**

8. भार 10% बढ़ेगा, भार एक चौथाई हो जाएगा।
11. $(\sqrt{2}-1)R$, इसमें R पृथ्वी की त्रिज्या है।
14. 0.7%
15. 0.0027 m/s$^2$
16. सूर्य, 180 गुना
17. $1.6 \times 10^{-5}$ N, 490 N, बिल्कुल नहीं है।
18. 20 m/s downwords, $20\sqrt{2}$ m/s
19. हाँ, यह पैकेट खराब हो जाएगा।
    *(संकेतः प्रारम्भ में पैकेट का वेग 2 m/s ऊपर की ओर होगा)।*
20. –15 m/s, नहीं, दूसरी गेंद अधिक प्रबल वेग से टकराती है।
21. कुल ऊँचाई प्राप्ति = 700 m + 20 m = 720 m
    कुल समय = 35 s + 2 s + 12 s = 49 s
22. हाँ।
23. 4 s, 6 s
24. 1 s (प्रक्षेपक ऊपर जाते समय 1 s में नारियल से गुजरेगा तथा यह नीचे आते समय 3 s में नारियल से गुजरेगा।)

**अध्याय 10 : कार्य, ऊर्जा और शक्ति**

*(मान लीजिए कि g का मान = $10\ m/s^2$ है)*

1. 100 W
2. (a) 50 J (b) 3.16 m/s

   $v^2 = 2gh$ होने के कारण वेग द्रव्यमान से स्वतंत्र है।
3. (i)
4. 0.2 m
5. $7.2 \times 10^5$ J
7. 50 W
8. 1 kg (लगभग)
9. (iii)
10. (iv)
11. (अ) $75 \times 10^{10}$ J

    (ब) $1.5 \times 10^{12}$ J
12. 1500 W, 2 hp (लगभग)
13. (द)
15. 61 N

**अध्याय 11 : ऊष्मा**

1. OK, 173 K, 233 K, 303 K, 2273 K
3. 1 °C तापक्रम बढ़ाने के लिए ऊष्मा की आवश्यक मात्रा = 419 J
5. $4.2 \times 10^{-4}$s
8. $3.3 \times 10^5$ J
9. 30 °C
10. 16.5 cm
11. 7.5 °C
13. 13.349 $g/cm^3$
14. 1517.4 kJ
15. 0.12 °C

**अध्याय 12 : तरंग गति एवं ध्वनि**

4. 1.25 Hz
5. 16 cm
6. $2\pi$s या 6.3 s
8. 17.2 m, 1.72 cm
9. 14.9
10. 0.2 Hz
11. 1.5 cm
12. 100 Hz
13. 1498 m
14. 688 m
15. 339.2 m/s

    *(संकेत : कुल समय (t), जब ध्वनि का विखराव सुनाई देता है = $t_1 + t_2 = 3.13\ s$। सबसे पहले कुएँ के अंदर जल की सतह पर पत्थर के टकराने के लिए उसकी नीचे जाने की गति (मुक्त गिराव) का समय ($t_1$) ज्ञात करने के लिए $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ का उपयोग कीजिए। तत्पश्चात् ध्वनि के विखराव को कुएँ के ऊपर पहुँचने का समय $t_2 = (3.13 - t_1)$ ज्ञात कीजिए। अंत में ध्वनि का वेग ज्ञात करने के लिए $V = s/t_2$ का उपयोग कीजिए।*

# पारिभाषिक शब्दावली

| | |
|---|---|
| एकसमान गति | Uniform motion |
| धमनी-काठिन्य | Arterio-sclerosis |
| धातुक्रमीय | Metallurgical |
| ध्वनि बूम | Sonic boom |
| धनायन | Positively charged ion |
| धूमन | Fumigation |
| रूक्ष-अंश | Roughage |
| रूक्ष | Rough |
| यांत्रिक | Mechanical |
| याम्योत्तर | Meridian |
| युग्मतारे | Double star |
| यूथचर | Gregarious |
| घातरोधी | Shock absorbing |
| घर्षण | Friction |
| ध्रुवीय हिमच्छद | Polar ice caps |
| खरपतवार | Weeds |
| खाद्यजाल | Food web |
| क्षय योग्य | Exhaustible |
| क्षैतिज | Horizontal column |
| ऊष्माक्षेपी | Exothermic |
| ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक | Mechanical equilvalent of heat |
| ऊष्मा | Heat |
| ऊर्ध्वपातन | Sublimation |
| ऊर्मिकायें | Ripples |
| ऊर्जा | Energy |
| ऊर्ध्वाधर | Vertical column |
| बहुतंत्रिकाशोथ | Polyneuritis |
| बहुलित प्रतिध्वनि | Multiple echo |
| बहुलकीकरण | Polymerization |
| बाह्य उपचार | Prophylactic treatment |
| बाह्य दहन इंजन | External combustion engine |
| बल | Force |
| बागवानी–चारा प्रणाली | Horti-pastoral system |
| कर्षण | Pluck |
| कर्षित वाद्य यंत्र | Plucked musical instrument |
| कार्तीय | Cartesian |
| क्रमवीक्षण | Scanning |
| कृषि-वानिकी | Agro-forestry |
| कृषिनाशक जीव | Agricultural pest |
| कृत्रिम पुनः आवेशन | Artificial recharging |
| कृत्रिम वीर्यसंचन | Artificial insemination |
| कक्षा | Orbit |
| किरणित | Irradiated |
| कीटनाशक | Pesticide |
| कशेरुक-दंड | Vertebral column |
| कोशिकांग | Cell organelles |
| कोशिकाद्रव्य | Cytoplasm |
| कोश | Shell |
| कर्दन | Slurry |
| कुक्कुट | Poultry |
| केन्द्रिक | Nucleolus |
| केन्द्र काभ | Nucleoid |
| केन्द्रक | Nucleus |
| क्लोमछिद्र | Gill slits |
| क्वथनांक | Boiling point |
| मरूदभिद् | Xerophytes |
| मखनिया दूध | Skimmed milk |
| मंदन | Retardation |
| मरमर श्रावी गैलरी | Whispering gallery |
| मापिकी (माप विज्ञान) | Meterology |
| मापन | Measurement |
| मानक | Standard |
| मीन पख | Flippers |
| मांसलोद्भिद्/गुदेदार | Succulent |
| माहू | Aphids |
| मानसिक आघःपतन | Dementia memory disorder |
| मचली | Nausea |
| मुख दाह | Sore mouth |
| मुक्त प्लावी | Free swimming |
| मुक्तजीवी | Free living |
| मूल बिन्दु | Reference point |
| मूलानुपाती सूत्र | Empirical formula |
| द्विकोरकी | Diploblastic |
| द्विधात्वीय पत्ती | Bimetallic strip |
| द्विविस्थापन अभिक्रियाएँ | Double displacement reactions |
| द्विपार्श्विक | Bilateral |

| हिन्दी | English |
|---|---|
| द्विपादिता | Bipedality |
| द्विगुणित | Diploid |
| त्रिंक | Triads |
| त्रिक बिन्दु | Triple point |
| त्रिकोरकी | Triploblastic |
| त्रिविमीय व्यवस्था | Spatial arrangement |
| हिमनद | Glaciers |
| हिमखंड | Iceberg |
| हिमांक | Freezing point |
| सिक्के मुद्राप्रणाली | Coinage system |
| शिरोवक्ष | Cephalothorax |
| स्थिर वैद्युत | Electrostatic |
| स्थिर गुम्बंदी | Fixed dome |
| सैलखड़ी | Soapstone |
| विषमपोषित | Heterotrophs |
| वियोजित | Resolved |
| विखण्डन | Fission |
| विक्षेपण | Deflection |
| विक्षोभ | Disturbance |
| विशिष्ट ऊष्मा धारिता | Specific heat capacity |
| विनिर्दिष्ट | Specified |
| विद्युत अपघटन | Electrolysis |
| विद्युत चुम्बकीय तरंगें | Electromagnetic waves |
| विकर्ण | Diagonal |
| विकिरण | Radiation |
| विविक्त | Discrete |
| विनिमय | Exchange |
| विनिर्दिष्ट | Specified |
| विस्कासिता | Viscosity |
| विसकासी | Viscous |
| विस्मयकारी लक्षण | Striking feature |
| विस्थापन | Displacement |
| विदेशज | Exotic |
| विवृत खनन | Opencast mining |
| विलयन | Solution |
| विलयित | Dissolved |
| विलायक | Solvent |
| विलुप्त | Extinct |
| विलेय | Solute |
| चिकनी मिट्टी | Clay soil |
| निषेचन | Fertilization |
| निक्षेप | Deposit |
| निकाय | System |
| निमज्जित | Burried |
| निमज्जन | Land submergence |
| निम्नीकरण | Degradation |
| निचय | Reserve |
| निर्जलीकरण | Dehydration |
| निर्वात | Vaccum |
| निलम्बन | Suspension |
| टिकाऊ कृषि | Sustainable agriculture |
| हरित क्रांति | Green revolution |
| हरित लवक | Chloroplast |
| हीनताजन्य रोग | Deficiency disease |
| भंजक आसवन | Destructive distillation |
| भंजन | Cracking |
| भारवाही | Draft |
| भार | Weight |
| भूकम्पी तरंग | Seismic waves |
| भौतिक संरचना | Physical structure |
| भौम जल | Ground water |
| ऋणायन | Negatively charged ion |
| पर्ण वृंत | Petiole |
| पख | Fin |
| परास | Range |
| परवलय | Parabola |
| पक्षाघात | Paralysis |
| पंचांगुलि | Pentadactylus |
| परिरक्षण | Preservation |
| परिशुद्ध | Exact |
| परिवर्ती, चर | Variable |
| परम (निरपेक्ष) | Absolute |
| पराध्वनि | Ultrasound |
| पराध्वनिक | Supersonic |
| परिष्करणशालाएँ | Refineries |
| परिक्षेपण माध्यम | Dispersion medium |
| परिक्षेपण | Dispersion |
| परिक्षेपी माध्यम | Dispersing medium |
| परिक्षिप्त प्रावस्था | Dispersed phase |
| परिशोधन | Purification |
| परिक्रमण | Revolve |
| पीढ़ी एकान्तरण | Alternation of generation |
| पीड़क जीव | Pests |
| पीड़क नाशी | Pesticides |

| | | | |
|---|---|---|---|
| पीली कटेरी | Argemone | प्रगैतिहासिक | Pre-historic |
| परमाणु संख्या | Atomic number | पृष्ठ | Surface |
| परभक्षी | Predator | रेखीय प्रसार गुणांक | Coefficient of linear expansion |
| परभोक्ता | Consumers | रंजक | Pigment |
| परजीवी | Parasites | रोगाणुनाशन | Disinfection |
| पारिस्थितिक - अनुकूल | Ecofriendly | रोगवाहक | Disease vector |
| पादप प्रजनन | Plant breeding | रोगजनक | Pathogen |
| पादांक | Subscript | रतौंधी | Night blindness |
| पद्धति (प्रणाली) | System | रतुआ | Rust |
| पार्श्वीय संपीडित | Laterally compressed | श्रेणीकरण | Gradation |
| पार्श्व विस्थापन | Laterally | रंजक | Dye |
| पशुधन | Live Stock | रन्ध्र | Stomata |
| पशुमहामारी | Rinderpest | शीर्ष बेधक | Top borer |
| पोषण स्तर | Trophic levels | शीतचरण | Cold stage |
| पोषण | Nutrition | शाकनाशी | Herbicide |
| पोषण-चक्रण | Nutrient cycling | शुष्क क्षेत्र | Arid zone |
| पोषक तत्व | Nutrients | शैवाल | Algae |
| पदार्थ | Substance | शल्क | Scales |
| पुरःस्थापन | Introduction | संयोजकता | Valency |
| पुरातत्ववेत्ता | Archaeologists | संयोजन अभिक्रियाएँ | Combination reactions |
| पेशीय वेदना | Muscular pain | संघनन | Condensation |
| पूर्वलग्न | Prefix | संघट्टन | Collision |
| प्लावमान गैस टंकी | Floating cylinder gas | संक्षारण | Corrosion |
| प्याली | Crucible | संकर नस्ल | Cross breed |
| प्लैज्मा झिल्ली | Plasma membrane | संकर | Hybrid |
| प्रकीर्णत | Scattering | संकुलित | Packed |
| प्रक्रमण | Processing | संकल्पना | Concept |
| प्रतिरक्षीकरण | Immunization | संविरचन | Fabrication |
| प्रतिजैविक | Antibiotic | संरेखित | Alligned |
| प्रभाजी आसवन | Fractional distillation | संक्रमण | Transition |
| प्राणिजात | Fauna | संवेग संरक्षण | Conservation of momentum |
| प्रणोद | Thrust | संवेग | Momentum |
| प्रघाती तरंगें | Shock waves | संचरण | Propagation |
| प्रक्षेप्य | Projectile | संतृप्त वाष्प | Saturated vapour |
| प्रकीर्णन | Dissemination | संगलन | Fusion |
| प्रमोचित | Launched | सीमान्त घर्षण | Limiting friction |
| प्रतिक्षेप | Recoil | संकुलन | Congestion |
| प्रतिदर्श, नमूना | Sample | संकेन्द्रित | Concentrates |
| प्ररोह | Shoot | संकटापन्न | Endangered |
| प्रस्फोट | Burst | संश्लिष्ट तन्तु | Synthetic fibre |
| प्रक्रम | Process | संदूषित | Contaminated |
| प्रचंड | Violent | संदूषण | Contamination, spoilage |

| | | | |
|---|---|---|---|
| संक्रमण | Infection | उत्प्लावन | Bouyancy |
| संवहन तन्त्र | Vascular system | उपापचय | Metabolism |
| संक्रामक गर्भस्राव | Brucellosis | उपोत्पाद | Byproduct |
| संचरणीय (संक्रामक) रोग | Communicable disease | उदर | Abdomen |
| संतृप्त क्षेत्र | Zone of saturation | उल्का पिंड | Meteorites |
| संतृप्त विलयन | Saturated solution | उल्का | Meteors |
| संतति कोशिकाएँ | Daughter cells | उर्वरा शक्ति | Fertility |
| समीकरण का संतुलन | Balance of equation | उत्खनन | Excavation |
| समोदभिद् | Mesophyte | उत्पाद | Product |
| सर्पी घर्षण | Sliding friction | उत्पादक | Producers |
| सरल आवर्ती | Harmonic | उत्सर्जन स्पेकट्रम | Emmision spectrum |
| सादिश | Vectors | उत्सर्जन नलिका | Discharge tube |
| सार्वत्रिक | Universal | डगमगाहट | Wobble |
| समांगी | Homogeneous | दंशन कोशिकाएँ | Stinging cells |
| समस्थानिक | Isotopes | दोहन | Exploitation |
| समसूत्री विभाजन | Mitosis | दुधारू | Milch |
| स्पंद | Pulse. | दुर्दम | Malignant |
| स्पंदन | Pulsation | दुग्ध मापी | Lactometer |
| स्थानबद्ध | Sessile | दुग्ध स्रवण | Lactation |
| स्थूल पोषक तत्व | Macro-nutrients | दुर्लभ | Rare |
| स्थलमंडल | Lithosphere | देहगुहा | Coelom |
| स्नेहक | Lubricants | देशज | Indegenous |
| सींचित मैदान | Basin | द्रव्य | Matter |
| साम्यावस्था | Equilibrium | द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमिति | Mass spectrometry |
| सामुदायिक स्वास्थ्य | Community health | द्रव्यमान | Mass |
| सामिष | Non-vegetarion | द्रव्यमान केन्द्र | Centre of mass |
| साम्धिातु | Semi metal | वर्ण लवक | Chromoplast |
| सार्वत्रिक विलायक | Universal solvent | वाष्प दाब | Vapour pressure |
| समुद्र तल | Seabed | वाष्पन | Vaporisation, Evaporation |
| ससीमकेन्द्रक | Eukaryotes | वर्धन काल | Growing period |
| स्वच्छता | Hygiene | व्युत्क्रमन | Inversion |
| स्वेदन चरण | Sweating stage | व्युत्क्रमित | Inverted |
| स्वेदन | Sweating | वृक्षवासी | Arboreal |
| सर्वभक्षी | Omnivores | वृत्तीय गति | Circular motion |
| सुभेद्य | Vulnerable | वृहतधानी | Large vacuole |
| स्फुरदीप्ति | Phosphorescence | वर्गिकी | Taxonomy |
| सतत् प्रावस्था | Continuous phase | वाताशय | Swim bladder |
| स्नायुविकार | Nervous disorder | वेग | Velocity |
| स्नेहक तेल | Lubricating oil | वनोन्मूलन | Deforestation |
| सूक्ष्म पोषक तत्व | Micro-nutrients | वनस्पतिजात | Flora |
| सगर्भता | Pregnancy | चालक | Conductor |
| उच्चता | Altitude | चाल | Speed |

| | |
|---|---|
| चतुर्थांश | Quadrant |
| चट्टान | Cliff |
| फसली सूचकांक | Cropping index |
| फफूँद (कवक) | Fungi |
| फलीदार फसलें | Legumes |
| तन्त्रिकारज्जु | Nerve cord |
| तरंगैर्ध्य | Wavelength |
| तापीय अपघटन | Thermal decomposition |
| तानित | Stretched |
| तप्तता की कोटि | Degree of hotness |
| तप्तता | Hotness |
| ताप | Temperature |
| तापीय साम्य | Thermal equilibrium |
| त्वरण | Acceleration |
| त्वरित | Accelerated |
| तन्यता | Ductility |
| ज्योति तीव्रता | Luminous intensity |
| जड़त्व | Inertia |
| जठरवाही गुहा | Gasrtrovascular cavity |
| जीव–भूरासायनिक चक्र | Biogeochemical cycle |
| जीवक | Zooid |
| जीवमंडल | Biosphere |
| जीवाश्मी ईंधन | Fossil fuel |
| जीवजात | Biota |
| जाति | Species |
| जैव विकास | Organic evolution |
| जैव आवर्धन | Biomagnification |
| जैवमात्रा | Biomass |
| जैव प्रौद्योगिकी | Biotechnology |
| जलधारण क्षमता | Water holding capacity |
| जल मंडल | Hydrosphere |
| जल निकास | Drainage |
| जल तल | Water level |
| जलभीति | Hydrophobia |
| जलोदभिद् | Hydrophyte |
| नाद पट | Sound board |
| नोदक | Propellar |
| नालतन्त्र | Canal system |
| नस्ल | Breed |
| नैदानिक | Diagnostic |
| नल कूप | Tubewell |
| अष्टक | Octaves |

| | |
|---|---|
| अक्षय | Inexhaustible |
| अक्षांश | Latitude |
| अंशाकन | Calibrate |
| अंतःश्वसन उपचार | Inhalation therapy |
| अर्बुद | Tumour |
| अभिकेन्द्र-बल | Centripetal force |
| अमिश्रणीय | Immiscible |
| अस्थि चालक | Bone conducting |
| अदिश | Scalars |
| अतिसूक्ष्मी स्तर | Hyperfine level |
| आयतन प्रसार गुणांक | Coefficient of volume expansion |
| आयनकारी | Ionizing |
| आण्विक गति | Molecular motion |
| आदि प्ररूप | Prototype |
| आपेक्षिक घनत्व | Relative density |
| आपेक्षिक आर्द्रता | Relative humidity |
| असमान गति | Non-uniform motion |
| अवनमन कोण | Angle of depression |
| अंडा देने वाली | Layer |
| अर्धसूत्री विभाजन | Meiosis |
| अभिकर्मक | Reagent |
| अति ऊष्मित | Superheated |
| अतिसंतृप्त | Super saturated |
| अतिसार | Diarrhoea |
| अभयारण्य | Sanctuaries |
| अपधतु | Metalloid |
| अपघटक | Decomposers |
| अपघटन | Decomposition |
| अपरिष्कृत तेल | Crude oil |
| अपरदन | Erosion |
| अपोपचय अभिक्रिया | Redox reaction |
| अपचायक | Reducing agent |
| अरीय | Radial |
| आघातवर्ध्यता | Malleability |
| ऑक्सीकारक | Oxidising agent |
| आपेक्षिक बाहुल्य | Relative abundance |
| आप्लावित | Flooding |
| आरक्षित जैवमंडल | Biosphere reserve |
| आर्द्रक्षेत्र | Wet zone |
| आवर्तिता | Periodicity |
| आवास | Habitat |
| आवर्ती पुनरावृत्ति | Periodic recurrence |

आत्माघाती थैली — Suicide bag
आनुवंशिक परिवर्तनशीलता — Genetic variability
असंगतियाँ — Anomalies
असंचरणीय(असंक्रामक) रोग — Non-communicable disease
असीमकेन्द्रक — Prokaryotes
अवर्णी लवक — Leucoplast
अवक्षेप — Precipitate
अवायवीय — Anaerobic
अनवीकरणीय — Non-renewable
अनुकूलन — Adaptation
अन्तःक्षिप्त — Inject
अन्तःकंकाल — Endoskeleton
अन्तरानाभिक — Internuclear
अन्तर्दहन इंजन — Internal combustion engine
अन्तर्द्रव्यीजालिका — Endoplasmic reticulum
अन्तर्फसली — Intercropping
अगुणित — Haploid

अल्पपोषण — Undernutrition
गुरुत्व केन्द्र — Centre of gravity
गुरुत्वाकर्षण — Gravitation
गुरुत्वानुवर्तन — Geotropism
गुप्त ऊष्मा — Latent heat
गर्त — Depression; trough
गलन — Melting
ग्राही (अभिग्राही) — Receiver
गोबर की खाद — Farm yard manure
गाल्जी काय — Golgi body
गाल्जी सम्मिश्र — Golgi complex
गुणांक — Coefficient
गुणसूत्र — Chromosomes
लवक — Plastids
लक्षण (अभिलक्षण) — Characteristics
लोटनिक घर्षण — Rolling friction

# विज्ञान संबंधित मूल्य

जिज्ञासा, ज्ञान-पिपासा, वस्तुनिष्ठता, ईमानदारी व सच्चाई, प्रश्न करने का साहस, क्रमबद्ध तर्क, प्रमाण/सत्यापन के पश्चात् स्वीकृति, खुला दिमाग, पूर्णता प्राप्त करने की अभिलाषा तथा मिलजुल कर कार्य करने की भावना आदि विज्ञान संबंधी कुछ आधारभूत मूल्य हैं। इन मूल्यों द्वारा विज्ञान के उन प्रक्रमों को अभिलक्षणित किया जाता है, जो प्रकृति एवं उसकी अपघटनाओं से संबंधित सत्य के अन्वेषण में सहायता प्रदान करते हैं। विज्ञान का उद्देश्य विभिन्न वस्तुओं एवं अपघटनाओं की व्याख्या करना है। अतः विज्ञान सीखने एवं उसका अभ्यास करने के लिए –

- **अपने परिवेश की वस्तुओं तथा घटनाओं के प्रति जिज्ञासु बनें।**
- **प्रचलित विश्वासों एवं मान्यताओं पर प्रश्नचिह्न लगाने का साहस करें।**
- **"क्या", "कैसे" तथा "क्यों" में प्रश्न करें एवं सूक्ष्म प्रेक्षणों, प्रयोगों, परामर्शों, चर्चाओं व तर्कों द्वारा अपना उत्तर प्राप्त करें।**
- **प्रयोगशाला में अथवा उसके बाहर प्राप्त अपने प्रेक्षणों एवं प्रायोगिक परिणामों को सच्चाईपूर्वक लिखें।**
- **आवश्यकता पड़ने पर, प्रयोगों की पुनरावृत्ति सावधानीपूर्वक एवं क्रमबद्ध तरीके से करें, किन्तु किसी भी परिस्थिति में अपने परिणामों में हेरफेर न करें।**
- **तथ्यों, विचार-बुद्धि एवं तर्कों द्वारा अपना मार्गदर्शन करें, पूर्वाग्रहों से ग्रस्त न हों।**
- **अनवरत एवं समर्पित कार्य के द्वारा नई खोजों एवं नए आविष्कारों के लिए उत्कट अभिलाषा रखें।**

भारत का संविधान

*भाग 4अ*

# नागरिकों के मूल कर्त्तव्य

अनुच्छेद 51अ

मूल कर्त्तव्य--भारत के प्रत्येक नागरिक का यह कर्त्तव्य होगा कि वह--

(क) संविधान का पालन करे और उसके आदर्शों, संस्थाओं, राष्ट्रध्वज और राष्ट्रगान का आदर करे,

(ख) स्वतंत्रता के लिए हमारे राष्ट्रीय आंदोलन को प्रेरित करने वाले उच्च आदर्शों को हृदय में सँजोए रखे और उनका पालन करे,

(ग) भारत की संप्रभुता, एकता और अखंडता की रक्षा करे और उसे अक्षुण्ण बनाए रखे,

(घ) देश की रक्षा करे और आह्वान किए जाने पर राष्ट्र की सेवा करे,

(ङ) भारत के सभी लोगों में समरसता और समान भ्रातृत्व की भावना का निर्माण करे जो धर्म, भाषा और प्रदेश या वर्ग पर आधारित सभी भेदभावों से परे हो, ऐसी प्रथाओं का त्याग करे जो महिलाओं के सम्मान के विरुद्ध हो,

(च) हमारी सामासिक संस्कृति की गौरवशाली परंपरा का महत्त्व समझे और उसका परिरक्षण करे,

(छ) प्राकृतिक पर्यावरण की, जिसके अंतर्गत वन, झील, नदी और वन्य जीव हैं, रक्षा करे और उसका संवर्धन करे तथा प्राणिमात्र के प्रति दयाभाव रखे,

(ज) वैज्ञानिक दृष्टिकोण, मानववाद और ज्ञानार्जन तथा सुधार की भावना का विकास करे,

(झ) सार्वजनिक संपत्ति को सुरक्षित रखे और हिंसा से दूर रहे, और

(ञ) व्यक्तिगत और सामूहिक गतिविधियों के सभी क्षेत्रों में उत्कर्ष की ओर बढ़ने का सतत प्रयास करे, जिससे राष्ट्र निरंतर बढ़ते हुए प्रयत्न और उपलब्धि की नई ऊँचाइयों को छू सके।